

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Univerzitní studijní programy

Laboratorní výukový model pro PLC automat
Laboratory Education Model for PLC Controller

Student:

Michal Chowaniok

Vedoucí práce:

Ing. Miroslav Mahdal, Ph.D.

Datum odevzdání:

15. 5. 2015

Zadání bakalářské práce

Student: **Michal Chowaniok**

Studijní program: B3943 Mechatronika

Studijní obor: 3906R006 Mechatronické systémy

Téma: **Laboratorní výukový model pro PLC automat**
Laboratory Education Model for PLC Controller

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s PLC automatem Siemens řady Simatic S7-1500. Popište jeho periferie a možnosti programování.
2. Navrhněte a realizujte výukový model pro demonstraci úloh s digitálními vstupy/výstupy, analogovými vstupy/výstupy a úlohu zpětnovazebního řízení.
3. Navrhněte elektronické obvody pro připojení výukového modelu k PLC automatu a vytvořte program v PLC pro ověření funkčnosti modelu.
4. Zhodnoťte dosažené výsledky z hlediska možnosti využití modelu ve výuce a uveďte další směr vývoje v této oblasti.

Seznam doporučené odborné literatury:

BRIAN W. KERNIGHAN, DENNIS M. RITCHIE. Programovací jazyk C. Computer Press, a.s. Brno 2006, 286 s. ISBN: 80-251-0897-X.

HEROUT, P. 2004. Učebnice jazyka C. 4.vyd. České Budějovice: KOPP a.s., 2004. ISBN: 978-80-7232-383-8.

POPIS PLC SIEMENS SIMATIC S7-1500. [online], [cit. 2014-10-07]. Dostupné z WWW stránek <<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&objid=6ES75163AN000AB0&caller=view>>.


TECHNICKÝ POPIS PROCESOROVÉ JEDNOTKY SIEMENS SIMATIC S7-1516. [online], [cit. 2014-10-07]. Dostupné z WWW stránek <<http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&objid=6ES75163AN000AB0&caller=view>>.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

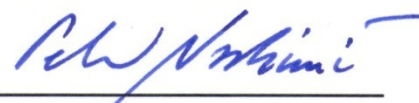
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Miroslav Mahdal, Ph.D.**

Datum zadání: 20.10.2014

Datum odevzdání: 15.05.2015


doc. Ing. Renata Wagnerová, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Petr Noskiewicz, CSc.
prorektor pro studium

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne

.....

Michal Chowaniok

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne

.....

podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu autora práce:



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Poděkování

Tato práce byla vypracována s podporou projektu Příležitost pro mladé výzkumníky, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/30.0016 podpořeného Operačním programem Vzdělávání pro konkurenceschopnost, financovaného ze strukturálních fondů EU a státního rozpočtu ČR.

Děkuji především panu Ing. Miroslavu Mahdalovi, Ph.D. za poskytnuté konzultace při přípravě mé bakalářské práce.

Anotace bakalářské práce

CHOWANIOK, M. *Laboratorní výukový model pro PLC automat: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Univerzitní studijní programy, Katedra automatizační techniky a řízení (Fakulta strojní), 2015, 49 s. Vedoucí práce: MAHDAL, M.

Bakalářská práce se zabývá návrhem výukového laboratorního modelu pro PLC automat. Model slouží pro výuku programování PLC automatů a práci s logickými vstupy/výstupy a analogovými vstupy/výstupy PLC. Součástí modelu je úloha zpětnovazebního řízení, zahrnující regulaci průtoku vzduchu v trubici, teploty v okolí žárovky a svítivosti žárovky. Výukový model je navržen pro PLC firmy Siemens a ověřen na PLC Siemens Simatic S7 – 1500. Pro přizpůsobení jednotlivých prvků laboratorního modelu a připojení k PLC automatu, bylo nutné navrhnout a vytvořit DPS. Program pro ověření funkčnosti a demonstrací funkcí výukového modelu byl navržen v programovacím prostředí Step 7 V12 jež je součástí vývojového prostředí TIA Portal.

Klíčová slova

PLC, Siemens, Simatic S7-1500, DPS, Eagle, Step 7 V12, TIA Portal

Annotation

CHOWANIOK, M. *Laboratory Education Model for PLC Controller: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University Ostrava, University Study Programmes, Department of Control System and Instrumentation (Faculty of Mechanical Engineering), 2015, 49 p. Thesis head: MAHDAL, M.

This bachelor thesis is dealing with educational model for PLC. Model used for teaching programming PLCs and work with logic inputs/outputs and analog inputs/outputs PLC. Include in the model is a regulatory part, comprising regulating the air flow in pipe, temperature control and regulating brightness at light bulb. The education model is designed for PLC Siemens. A validated for PLC Siemens Simatic S7-1500. PCB design, to adapt the voltage levels and the connection of the PLC, was implemented in Eagle PCB editor. Program to verify the functionality and features demonstrations educational model has been designed in a programming environment Step 7 V12, which is part of the development environment TIA Portal.

Key words

PLC, Siemens, Simatic S7-1500, PCB, Eagle, Step 7 V12

Obsah

1	Úvod	9
2	PLC automat Siemens Simatic S7 – 1500.....	10
2.1	Základní hardwarové prvky	11
2.2	Centrální řídicí jednotka	12
2.3	Průmyslové komunikační sběrnice	14
2.4	Možnosti programování PLC Siemens Simatic S7 – 1500.....	14
2.4.1	Programovací jazyky	15
2.4.2	Nástroje obsažené v prostředí STEP 7	16
3	Návrh modelu.....	19
3.1	Popis použitých prvků	21
3.2	Návrh elektroniky modelu.....	25
4	Realizace modelu.....	31
4.1	Vývoj převodního modulu.....	36
5	Návrh funkčního programu pro ověření periférií PLC automatu.....	38
6	Realizace programu	40
7	Možnosti využití modelu ve výuce	42
7.1	Laboratorní úlohy	42
8	Zhodnocení a další směr vývoje laboratorního modelu.....	44
9	Závěr.....	45
10	Seznam použité literatury.....	47
11	Seznam příloh	49

Seznam použitých zkratk, značek a symbolů

A/D	Analog/Digital – analogový/digitální
AC	Alternating Current – střídavý elektrický proud
AI	Analog Input – analogový vstup
AQ	Analog Output – analogový výstup
CFM	Cubic Foot per Minute – krychlová stopa za minutu
CM	Communication Module – komunikační modul
CP	Communication Process – komunikační proces
CPU	Central Processing Unit – centrální procesorová jednotka
DC	Direct Current – stejnosměrný elektrický proud
DI	Digital Input – digitální (diskrétní) vstup
DIQ	Digital Input/Output – digitální vstupy/výstupy
DPS	Deska plošného spoje
DQ	Digital Output – digitální (diskrétní) výstup
FBD	Function Block Diagram
HMI	Human Machine Interface – rozhraní mezi člověkem a přístrojem
LAD	Ladder Logic
LCD	Liquid Crystal Display – displej z tekutých krystalů
LED	Light Emitting Diode – dioda emitující světlo
MPI	Multi Point Interface – komunikační rozhraní používané u Simatic
NC	Normally Closed – Normálně zavřený
NO	Normally Open – Normálně otevřený
PAC	Programmable Automation Controller – programovatelný automatický regulátor
PCB	Printed Circuit Board – deska plošného spoje
PLC	Programmable Logic Controller – programovatelný logický automat
PM	Load Power Supply – silové napájení
PROFIBUS	Process Field Bus – sběrnice pro oblast procesů
PROFINET	Process Field Network – sběrnice pro oblast sítí

PS	Power Supply – zdroj energie
SCL	Structured Control Language
STL	Statement List
TM	Technology Modules – technologický model
TIA	Totally Integrated Automation – plně integrovaná automatizace

1 Úvod

Cílem práce je vytvořit výukový model pro PLC automat, který bude umožňovat práci s digitálními vstupy a výstupy, analogovými vstupy a výstupy a tvorbu regulačních úloh.

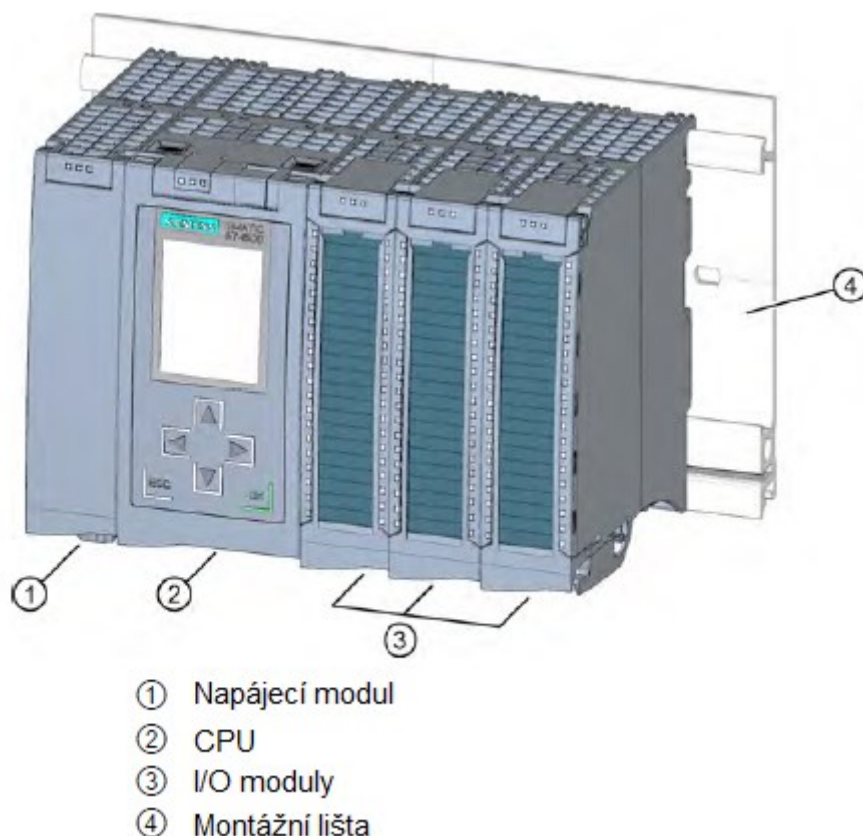
Programmable Logic Controller je průmyslový počítač, rozšířený a používaný ve všech odvětvích průmyslu. První PLC byly používány v 70. letech 20. století a postupně začaly nahrazovat reléové automaty. PLC tak výrazně pomohly rozvoji automatizace a řízení po celém světě. Pomocí průmyslových počítačů jsou dnes řízeny a regulovány celé výrobní linky. PLC automaty se vyznačují zejména cyklickým zpracováváním programu. Výhodou je vysoká odolnost a spolehlivost. V porovnání s běžnými osobními počítači, je spolehlivost mnohonásobně vyšší. Výrobci udávají až desítky let. Základním modulem je CPU, která obsahuje procesory a je mozkiem celého PLC. Dalšími důležitými moduly jsou napájecí, komunikační a signálový. Moduly obsahující vstupní a výstupní signálové piny, mohou být rozšiřovány. Díky tomu je možné připojit desítky nebo stovky signálových vodičů na jedno PLC.

Výukový laboratorní model je navržen s ohledem na modulárnost a možnost připojení nových prvků využívajících vstupní či výstupní porty PLC. Ovládací a vizualizační prvky na čelní straně modelu jsou podle typů úloh rozděleny do tří částí. První část je určena pro práci s diskrétními signály. Zde se nachází kontrolky, spínače a tlačítka. Analogové signály jsou zpracovávány v části druhé. Spojitý výstupní signál z PLC lze například zobrazit pomocí LCD displeje. Vstupní signály lze generovat na potenciometrech, umístěných na modelu. V poslední části se nachází úloha zpětnovazebního řízení. Úloha umožňuje regulaci průtoku vzduchu, teploty v okolí žárovky a její svítivosti. Díky tomu je možná realizace množství úloh, které lze různě kombinovat mezi sebou.

Na modelu jsou prvky označeny kódem, který souhlasí s označením příslušného pinu na modulu PLC a je taky uveden u proměnné v programu. Pomocí toho student jednoduše určí, která proměnná přísluší danému akčnímu členu. Tato přehlednost a jednoduchost umožňuje studentovi snadné a rychlé ověření funkčnosti svého programu a tak pomáhá rozvíjet schopnosti studenta. Díky převodnímu modulu mezi PLC a modelem, který je navržen a vyroben pro každé PLC v učebně stejně, je model možné připojit ke kterémukoli PLC v učebně. Student se tak vyhne zdlouhavému připojování vodičů k pinům modulu a místo toho použije pouze konektor propojující PLC a model. Součástí bakalářské práce je navržení několika laboratorních úloh, které lze na tomto modelu v rámci výuky realizovat.

2 PLC automat Siemens Simatic S7 – 1500

Siemens Simatic S7 – 1500 je nejnovějším vývojovým stupněm PLC řady Simatic. Díky integraci množství výkonných prvků, PLC S7-1500 nabízí uživateli výbornou provozu schopnost a nejvyšší výkon. Příklad typické sestavy PLC Simatic S7 – 1500 lze vidět na obr. 1.



Obr. 1 – Příklad typické sestavy S7 – 1500 [SIEMENS 2014]

Mezi novinky patří například integrovaná funkce řízení pohybu, PROFINET IO IRT, integrovaný displej pro strojově orientovaný provoz a diagnostiku, zvýšení výpočetního výkonu a inovace ze strany programovacího softwaru STEP 7.

Konfigurace S7-1500 je instalovaná na montážní lištu a je možné připojení až 32 modulů. Moduly jsou vzájemně propojeny pomocí U konektorů. [SIEMENS 2014]

2.1 Základní hardwarové prvky

Systém napájení (PS)

Systém napájení je diagnosticky schopný napájecí modul, který je možné propojit se sběrnici pomocí U konektoru. Tyto moduly jsou nutné, pokud přiváděná energie z procesorového modulu do sběrnice není dostatečná pro napájení připojených modulů.

Napájecí moduly jsou k dispozici v různých modelech:

- PS 25 W 24 V DC
- PS 60 W 24/48/60 V DC
- PS 60 W 120/230 V AC/DC

CPU

Provádí uživatelský program a využívá integrovaný systém napájení, pro napájení elektroniky v modulech, pomocí *backplane* sběrnice.

Další vlastnosti a funkce CPU:

- Komunikace přes Ethernet
- Komunikace přes PROFIBUS/PROFINET
- Komunikace HMI
- Integrovaný webový server
- Integrovaná systémová diagnostika
- Integrovaná průmyslová bezpečnostní funkce
- Bezpečnostní režim (CPU 1516F-3 PN/DP a CPU 1518F-4 PN/DP)

I/O modul

I/O moduly tvoří rozhraní mezi ovládací částí a procesem. Řídící jednotka zjistí aktuální stav procesu prostřednictvím připojených snímačů a senzorů a spustí odpovídající reakce na akčních členech.

I/O moduly jsou rozděleny do následujících typů:

- Digitální vstup (DI)
- Digitální výstup (DQ)
- Digitální vstup/Digitální výstup (DIQ)
- Analogový vstup (AI)
- Analogový výstup (AQ)
- Technologický modul (TM)
- Komunikační modul (CM)
- Komunikace procesoru (CP)

Montážní lišta

Montážní lišta je nosič automatizačního systému S7-1500. Na integrovaný standard montážní lišty je možné namontovat další komponenty, jako jsou moduly z S7-1200 a ET 200SP, svorky, jističe, malé stykače a podobné prvky. [SIEMENS 2014]

„U“ konektor

Moduly automatizačního systému S7-1500 jsou připojeny pomocí „U“ konektorů. Konektor zajišťuje mechanické a elektrické spojení mezi moduly.

Přední konektory

Účelem předních konektorů je zapojit vodiče vstupů a výstupů na příslušné moduly. Přední konektory technických a analogových modulů musí být doplněny stínícím držákem, napájecím prvkem a stínící svorkou. Přední konektory jsou k dispozici pro 35 mm moduly se závitovými terminály a Push – svorkami a pro 25 mm moduly s Push – In terminály.

Stínící konzole

Stínící konzole je používána pro moduly s kritickými signály například jako analogové a technologické moduly. Spolu se stínící svorkou, umožňují nízkou impedanci aplikace stínění s minimální dobou instalace.

Stínící svorka

Stínící svorky se používají pro upevnění kabelů na stínící konzoli.

Napájecí prvek

Napájecí prvek je vložen v předním konektoru kabelu a slouží k napájení modulů s kritickými signály jako analogové a technologické moduly.

Napájecí modul (PM)

Slouží pro napájení zátěží připojených k I/O modulům. Výstupní napětí je připojeno pomocí vodičů na svorky I/O modulů. Modul není možné připojit ke sběrnici. [SIEMENS 2014]

2.2 Centrální řídicí jednotka

Pro PLC Simatic S7-1500 je dostupných několik modulů centrálních řídicích jednotek. Pro účely této práce byla vybrána CPU 1516-3 PN/DP, kterou lze vidět na obr. 2.



Obr. 2 – Centrální procesorová jednotka CPU 1516-3 PN/DP [SIEMENS 2014]

Tento modul CPU, má pracovní paměť 1 MB pro program a 5 MB pro data. Základní technické parametry CPU 1516, jsou popsány v následující tabulce (tabulka 1). Dále disponuje třemi komunikačními rozhraními.

Zmíněné komunikační rozhraní jsou:

- Rozhraní Profinet IRT se dvěma porty
- Rozhraní Ethernet
- Rozhraní Profibus

Tabulka 1 – Technické parametry CPU 1516-3 PN/DP

Display	Barevný, úhlopříčka 6,1 cm
Napájecí napětí	24 V DC (přípustný rozsah 19 ÷ 28,8 V)
Překlenutí výpadku sítě.	5 ms
Vstupní proud.	Jmenovitý proud 0,85 A
	Spínací proud, max 2,4 A
Potřebná energie ze sběrnice	6,7 W
Přísun výkonu do sběrnice	12 W
Paměť integrovaná pro program	1 MB
Paměť integrovaná pro data	5 MB
Doba zpracování bitových operací	10 ns

2.3 Průmyslové komunikační sběrnice

Ethernet

Ethernet je technologie používaná pro komunikaci lokálních počítačových sítí. Rychlost komunikace se může pohybovat v rozmezí 10 Mbit/s až 10 Gbit/s. Pro přenos signálu jsou používány koaxiální kabely, kroucená dvojlinka a optické kabely. Nejčastěji používaným konektorem je RJ 45. Datové pole paketu vysílaného po Ethernetu může mít 64 B až 1 500 B.

PROFIBUS

PROFIBUS je průmyslová sběrnice pro řízení výrobních linek a procesů. Rychlost přenosu je 9 kbit/s až 12 Mbit/s. Maximální délka vedení je 1200 m (pro optické kabely až 80 km). Standardně je používán konektor RS 485. Na vedení je možno připojit až 32 účastníků. Pro řízení přístupu na sběrnici lze použít dvě metody. První metodou je *token ring* (převádění pověření k řízení sběrnice v logickém kruhu). Druhá metoda *klient-server* je založena na dotazování nadřazených členů a odpovídání podřazených. [Schmid 2005]

PROFINET

PROFINET je průmyslová sběrnice určená pro řídicí systémy a automatizaci. Pro přenos signálu je používána kroucená dvojlinka. Standardními konektory jsou RJ 45 nebo M12. Maximální rychlost přenosu dat je 100 Mbit/s. Počet členů zapojených do sítě je neomezený. [HMS 2014]

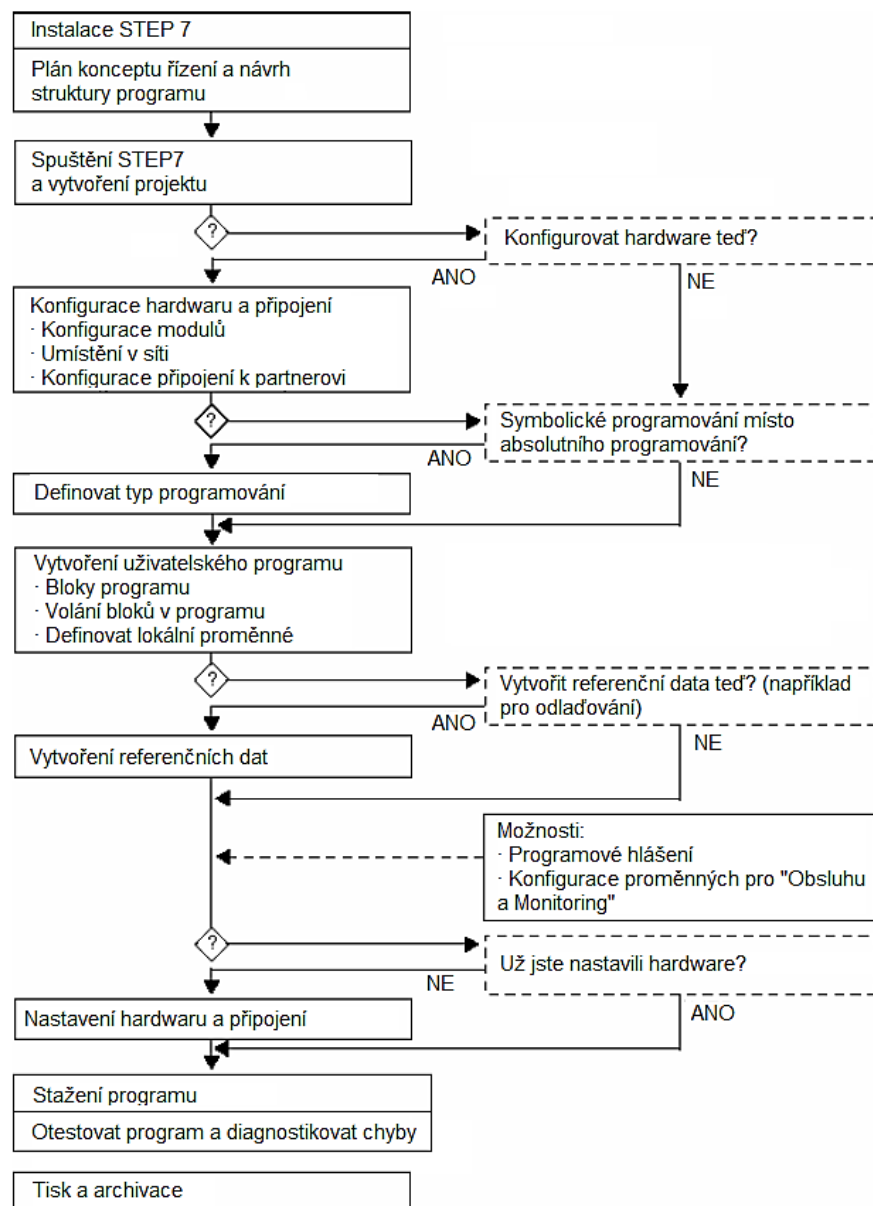
2.4 Možnosti programování PLC Siemens Simatic S7 – 1500

Tato kapitola popisuje základní vlastnosti a možnosti programování v prostředí STEP 7.

Dle Šmejkal a Martináskové (2009 s 46) „*Program PLC je posloupnost instrukcí a příkazů jazyka. Typickým režimem jeho aktivace je, cyklické vykonávání v programové smyčce. Na rozdíl od jiných programovatelných systému se programátor PLC nemusí starat o to, aby po konci programu vrátil jeho vykonávání opět na začátek*“.

STEP 7 je softwarový balík, standardně používaný pro konfiguraci a programování Simatic PLC a je součástí Simatic průmyslového softwaru. K dispozici je několik verzí, které se liší svými specifickými účely.

Při návrhu programu v prostředí STEP 7 existuje řada základních úkolů, které je třeba provést u většiny projektů. Následující obrázek (obr. 3) ukazuje tyto úkoly a postup při jejich plnění. [Siemens 2010]



Obr. 3 – Postup při návrhu programu ve STEP 7 [Siemens 2010]

Jak lze vidět na obrázku výše, existují dva alternativní postupy. První možností je konfigurovat hardware na začátku a poté programovat bloky. Druhou možností je programovat bloky bez hardwarové konfigurace. Tento způsob je doporučován z důvodu servisních a údržbářských prací. Například při integraci naprogramovaných bloků do existujícího projektu. [Siemens 2010]

2.4.1 Programovací jazyky

Programovací jazyky integrované ve STEP 7 jsou v souladu s normou EN 61131-3. Standardní součástí balení jsou jazyky jako Ladder Logic, Statement List, Function Block Diagram, Structured Control Language a Graph.

Ladder Logic

Ladder Logic je grafické znázornění programovacího jazyka STEP 7. Jeho skladba instrukcí je podobná reléovému schématu *Relay Ladder Logic Diagram*. LAD umožňuje sledovat tok energie od zdroje energie přes různé kontakty, složitější prvky až na výstupní zařízení.

Statement List

Statement List je textová reprezentace programovacího jazyka STEP 7, podobná strojovému kódu. Pokud je program napsaný v STL, jednotlivé instrukce odpovídají krokům, s nimiž CPU, vykonává program. Pro snazší programování byl Statement List rozšířen o některé jazykové nástroje na vysoké úrovni, jako je strukturovaný přístup k datům.

Function Block Diagram

FBD je grafické znázornění programování ve STEP 7. Používá logické boxy známé z Booleovy algebry. Tyto boxy reprezentují logické operace. Komplexní funkce, jako například matematické funkce, mohou být reprezentovány spojením více logických boxů. [Siemens 2010]

Structured Control Language

Structured Control Language je programovací jazyk na vysoké úrovni, založený na základech jazyka Pascal. Kromě typických prvků jako vstupy, výstupy, časovače, paměťové bity atd., obsahuje taky výrazy a operátory. Výrazy jsou počítány při běhu programu a vrací hodnotu. Výrazy se skládají z operátorů jako konstanty, proměnné nebo funkce. Používají se také obecné operátory například *, /, + nebo -. Výrazy mohou být propojeny nebo vnořeny do sebe. [Siemens 2013]

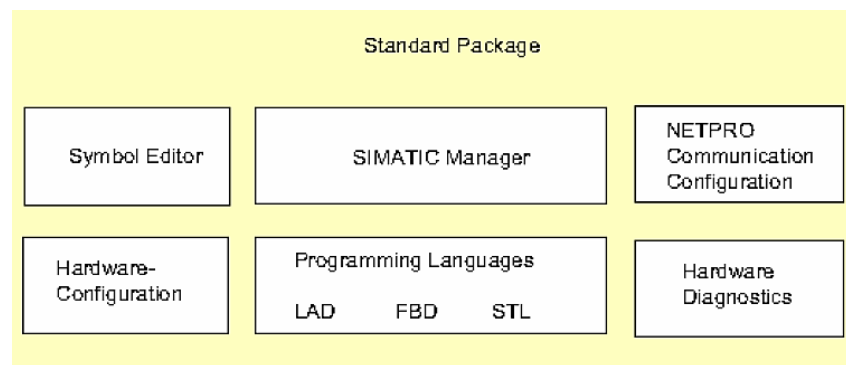
Graph

S7 Graph je programovací jazyk používaný pro programování sekvenčního řízení (kroky a přechody). V tomto jazyku jsou sekvence procesu rozděleny do kroků. Tyto kroky obsahují akční zásahy na výstupech. Přechody z jednoho kroku do druhého jsou řízeny pomocí podmínek. [Siemens 2010]

Další programovací jazyky jsou k dispozici jako speciální balíčky.

2.4.2 Nástroje obsažené v prostředí STEP 7

STEP 7 standardní balíček poskytuje řadu aplikací (nástrojů) společně se softwarem. Tyto nástroje není nutné zvláště otevírat či spouštět. Odpovídající nástroj se aktivuje automaticky, když je spuštěn nebo otevřen objekt potřebující tuto aplikaci. Přehled těchto nástrojů lze vidět na obr. 4.



Obr. 4 – Nástroje obsaženy ve S7 [SIEMENS 2010]

SIMATIC Manager

SIMATIC Manager spravuje veškerá data, která patří do projektu. Nástroje potřebné k úpravě vybraných dat jsou automaticky spouštěny SIMATIC Managerem.

Symbol Editor

Symbol Editor slouží ke správě a sdílení všech proměnných. K dispozici jsou funkce pro nastavení jména, komentáře pro vstupní a výstupní signály, bitové paměti, import a export do jiných programů ve Windows.

Diagnostic Hardware

Tato funkce poskytuje přehled o stavu PLC. Informace lze vidět na displeji, například zda má modul poruchu či nikoli. Po vybrání modulu, lze zobrazit podrobné informace o poruše. Rozsah vypsání informací závisí na jednotlivých modulech. Častými informacemi jsou název modulu, verze, stav a typ poruchy. Při poruše CPU, jsou vyobrazeny informace jako příčina poruchy při zpracování uživatelského programu a zobrazení délky cyklu. Funkce poskytuje informace ostatním zařízením pomocí MPI komunikace.

Hardware Configuration

V projektu je možné použít tento nástroj ke konfiguraci a přiřazení parametrů k hardwaru. Při konfiguraci programovatelného automatu se vyberou moduly z elektronického katalogu a uspořádají se do příslušného pořadí na lištu. Při přiřazování parametrů pro CPU lze nastavit vlastnosti jako například chování při spuštění a dobu skenování nebo dobu cyklu. Nastavení parametrů modulů se provádí automaticky, při startu CPU. To znamená, že modul lze vyměnit bez opětovného manuálního přiřazování parametrů.

NetPro

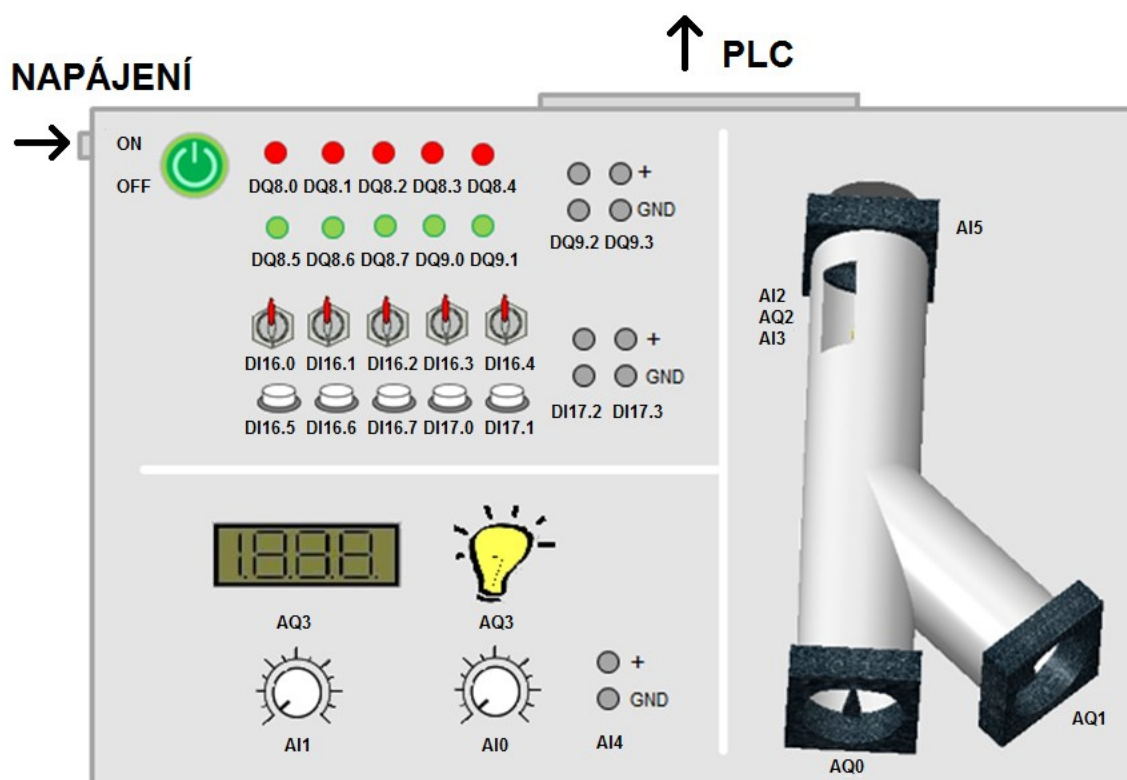
Nástroj, používaný pro konfiguraci sítě několika PLC nebo jiných zařízení. Pomocí NetPro je možné sdílení dat a proměnných různých programu, či funkce jednoho programu ve více zařízeních. [Siemens 2010]

3 Návrh modelu

Tato kapitola se zabývá návrhem hardwarové části výukového modelu pro demonstraci úloh s digitálními vstupy/výstupy, analogovými vstupy/výstupy a úlohou zpětnovazebního řízení.

Koncepce modelu je navržena jako panel nebo ovládací pult, který je vyrobený z matného plexiskla. Rozměry modelu jsou 400 × 350 × 40 mm. Skříň modelu lze otevřít pomocí odnímatelné zadní stěny. Díky tomu lze přistupovat k elektronice uvnitř modelu. Na čelní straně se nachází vizualizační a ovládací prvky. Tyto prvky jsou připojeny k PLC pomocí konektorů, které jsou umístěny na horní straně modelu. Na levé straně boxu je umístěn konektor pro napájení.

Jak lze vidět na obr. 5, je čelní plocha rozdělena do tří částí a to logická, analogová a zpětnovazebního řízení.



Obr. 5 – Rozmístění prvku na čelní straně modelu [vlastní zpracování]

Logická část

V první části (vlevo nahoře) se nacházejí signalizační a ovládací prvky určené pro práci s digitálními signály. Pro demonstraci digitálních výstupů z PLC, je zde rozmístěno pět zelených a pět červených LED diod. Jako digitální vstupy do PLC slouží pět spínačů a

pět tlačítek. Navíc je díky čtyřem přístrojovým zdírkám možné připojit další prvky demonstrující digitální vstupy nebo výstupy z PLC.

Analogová část

Analogovým signálům je věnována druhá část (vlevo dole) čelní strany modelu. Analogové vstupy zde demonstrují dva potenciometry, kterými lze ovládat vstupní napětí do PLC v rozsahu 50 mV až 9,95 V. Aktuální napěťovou hodnotu na výstupu z PLC zobrazuje digitální voltmetr a diodová žárovka. Díky tomu lze přesně kontrolovat námi zvolené výstupní napětí příslušného portu. Stejně jako v první části, jsou i zde dvě panelové zdíčky, ke kterým lze připojit další zařízení simulující analogové vstupy do PLC.

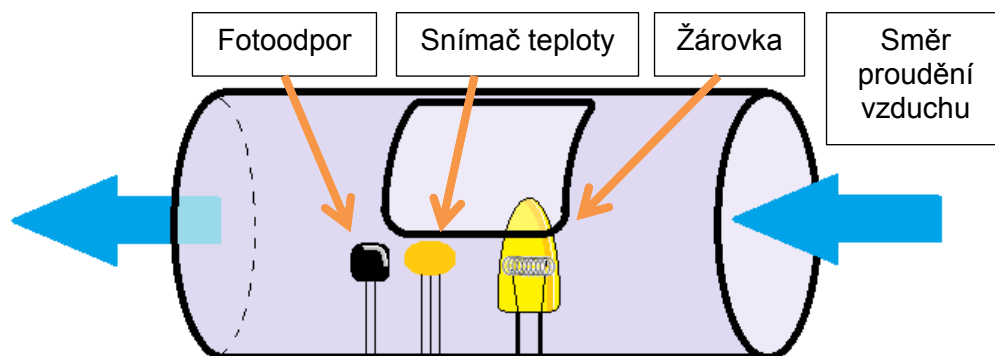
Zpětnovazební řízení

Ve třetí, pravé části modelu, se nachází regulační úloha. Model je navržen tak, aby byl modulární a bylo možné zdokonalovat a inovovat demonstrační úlohy. Jejím základem je PVC potrubí, na jehož konci je průtokoměr, který snímá vystupující proudění vzduchu. Proud vytváří dva ventilátory na opačných koncích potrubního systému. Tyto ventilátory jsou ovládány signálem z analogových výstupů PLC. Výstup z průtokoměru je připojen na analogový vstup PLC. Díky tomu je možné pomocí ventilátoru regulovat tok vzduchu, přičemž nám průtokoměr slouží jako zpětná vazba. Druhý ventilátor, umístěný ve vedlejší větvi potrubí, je možné použít jako působící porucha.

Na konci potrubí je umístěna žárovka o výkonu 5 W. Teplota žárovky je snímána pomocí snímače, který je instalován v blízkosti žárovky. Díky tomu je možná úloha se zpětnovazebním řízením teploty žárovky. Opět je možné použít proudění vzduchu jako poruchy a proudu protékající žárovkou jako akční veličiny.

Třetí možností zpětnovazebního řízení je regulace svítivosti žárovky. Intenzita světla je měřena pomocí fotoodporu v zapojení napěťového děliče. Na základě tohoto napětí, je možné řídit svítivost žárovky.

Nákres střední části potrubí a rozmístění vnitřních prvků je zobrazen na obr. 6.



Obr. 6 – Náskres střední části potrubí [vlastní zpracování]

3.1 Popis použitých prvků

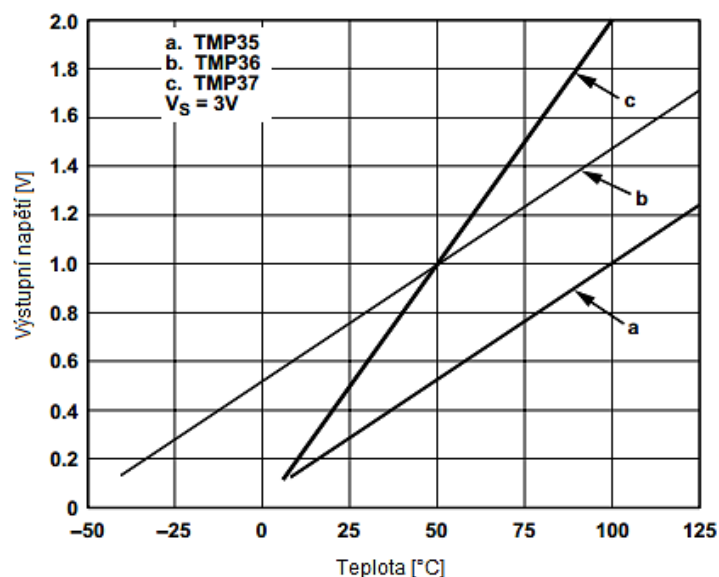
V této kapitole budou popsány hlavní hardwarové prvky použité při stavbě výukového modelu.

Digitální panelový voltmetr

Panelový měřicí přístroj je určen pro měření DC napětí nebo proudu. Veličina je zobrazena LCD displejem s bílým LED podsvícením. Měřicí rozsah voltmetru je $0 \div 199,9 \text{ V}$. Voltmetr je možno napájet $9 \div 12 \text{ V AC/DC}$. Napájecí svorky však musí být galvanicky odděleny od měřicích. Výrobce udává přesnost $\pm 0,2 \%$ pro stejnosměrné signály. Rozměry voltmetru jsou $80 \times 42,5 \text{ mm}$. [WAMPUM 2014]

Teplotní snímač

Pro měření teploty je použit nízkonapěťový teplotní snímač TMP36 firmy Analog Devices. Snímač je možno napájet napětím v rozsahu $2,7 \text{ V}$ až $5,5 \text{ V}$. Snímač je kalibrován v $^{\circ}\text{C}$ s měřítkem $20 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. Rozsah snímače je od -40°C do 125°C . Na obr. 7 lze vidět závislost teploty na výstupním napětí snímače. Použitý senzor je znázorněn přímkou b. [ANALOG DEVICES 2014]



Obr. 7 – Statická charakteristika TMP36 [ANALOG DEVICES 2014]

Žárovka

Jako teplotní zdroj je v modelu použita halogenová žárovka od firmy Nerva. Zařízení je napájeno 12 V při výkonu 5 W. Světelný tok je uveden 50 lm.

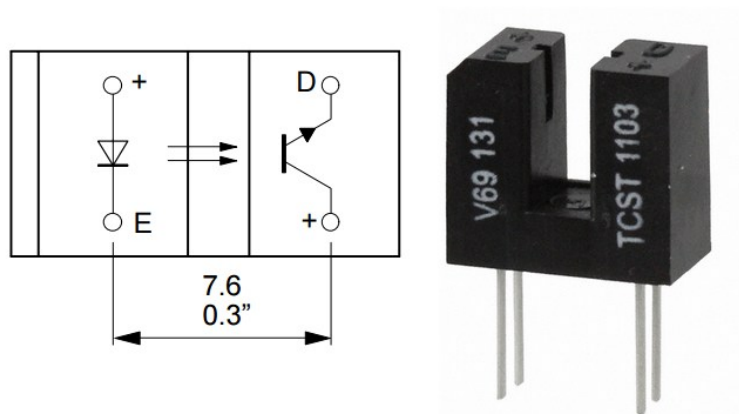
Ventilátory

Pro vhánění vzduchu do soustavy jsou použity ventilátory značky Sunon model PMD1204PQB1 s rozměry 40 × 40 × 28 mm. Tyto ventilátory jsou napájeny 12 V a 330 mA. Výkon ventilátoru je tedy 4 W. Jmenovité otáčky jsou 15000 ot·min⁻¹. Důležitým parametrem v naší aplikaci je průtok vzduchu, který zde dosahuje až 18,9 CFM což je 32,1 m³·h⁻¹. Větrák je vybaven kuličkovým ložiskem.

Pro průtokoměr byl použit ventilátor stejného výrobce, ale s nižším výkonem o hodnotě 0,48 W. Modelové označení je MB40201V3-A99. [SUNON 2014]

Světelná závora

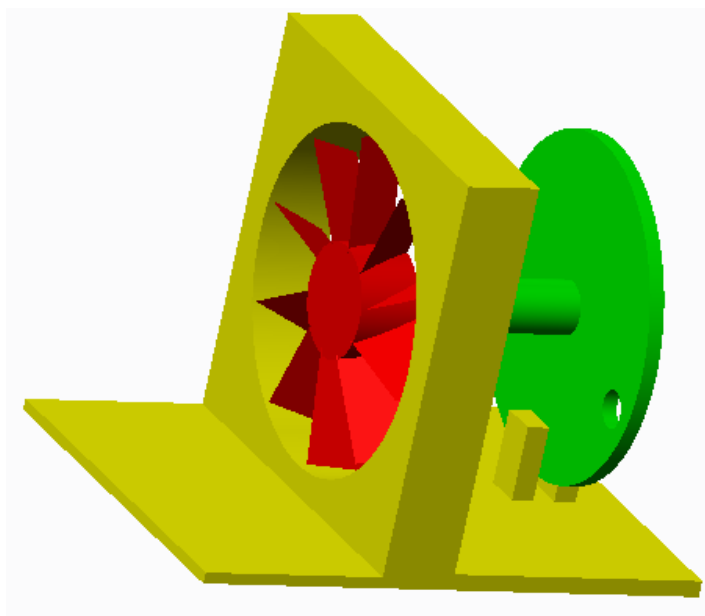
Toto zařízení má kompaktní konstrukci, kde jsou emitující světelné zdroje a detektory umístěny tvář v tvář na stejné optické ose. Provozní vlnová délka je 950 nm. Detektor sestává z fototranzistoru. Optická závora je zobrazena na obr. 8. [VISHAY 2005]



Obr. 8 – Optická závora [VISHAY 2005]

Průtokoměr

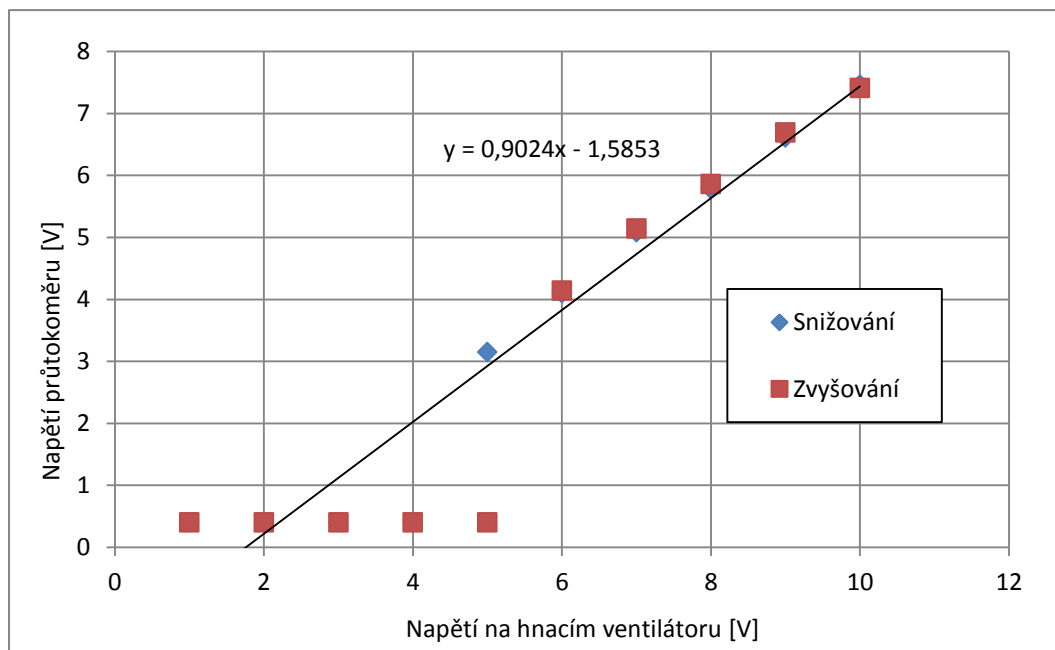
Pro účely zpětnovazebního řízení byl navrhnut snímač průtoku vzduchu se spojitým napěťovým výstupem. Základem je již zmíněný ventilátor. Ventilátor byl zbaven veškeré nepotřebné elektroniky, jako je integrovaný obvod sloužící pro ochranu vinutí statoru a permanentní magnety upevněné na rotoru. Ventilátor byl připevněn pomocí hřídele ke kotouči s vyvrtanými otvory. Při proudění vzduchu potrubím je ventilátor roztočen a otáčky se přes hřídel přenáší na kotouč. Při otáčení prochází otvory optickou závorou, která vytváří pulsy. Tyto pulsy dále zpracovává elektronika a vytváří analogový signál.



Obr. 9 – Model průtokoměru [vlastní zpracování]

Na obr. 10 lze vidět závislost výstupního napětí průtokoměru na napětí ventilátoru 1 vhánějícího vzduch do potrubí. Tato charakteristika byla vytvořena pro ověření funkčnosti principu průtokoměru a pro následný návrh elektroniky. Z charakteristiky vyplývá, že pro

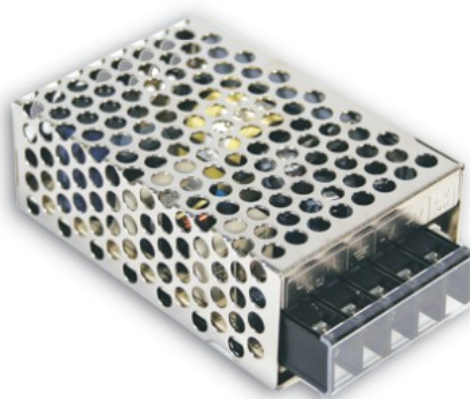
překonání počátečního odporu proti pohybu průtokoměru musí být ventilátor, vhánějící vzduch do potrubí, napájen přibližně 6 V. Při snižování napětí se však otáčení průtokoměru zastaví při 5 V.



Obr. 10 – Statická charakteristika potrubí [vlastní zpracování]

DC/DC měnič Mean Well SD-15

Měnič má za úkol snižovat vstupní napětí, které je v rozmezí 18 až 36 V na hodnotu 12 V. Maximální proudové zatížení přístroje je 1,25 A. Vnitřní obvod měniče obsahuje ochrany proti zkratu, přetížení a přepětí. Tento měnič je použit pro napájení ventilátorů a je zobrazen na obr. 11. [MEAN WELL 2011]



Obr. 11 – DC/DC měnič Mean Well SD-15 [MEAN WELL 2011]

DC/DC měnič Traco Power TSRN-1

Traco Power TSRN-1 byl použit na místo stabilizátoru s důvodu velkého proudového odběru elektroniky. Měnič je možné napájet v rozmezí 13,5 až 42 V a snižuje napětí na 12

V. Maximální proudové zatížení je 1 A. Měnič je zobrazen na obr. 12. [TRACO POWER 2015]



Obr. 12 – DC/DC měnič Traco Power TSRN-1 [TRACO POWER 2015]

DC/DC měnič Mean Well SMA0 1

Tento měnič napětí nesnižuje, ale jeho úkolem je pouze galvanické oddělení. Vstupní i výstupní napětí je tedy 12 V. Měnič slouží pro napájení panelového voltmetru a lze vidět na obr. 13. [MEAN WELL 2015]



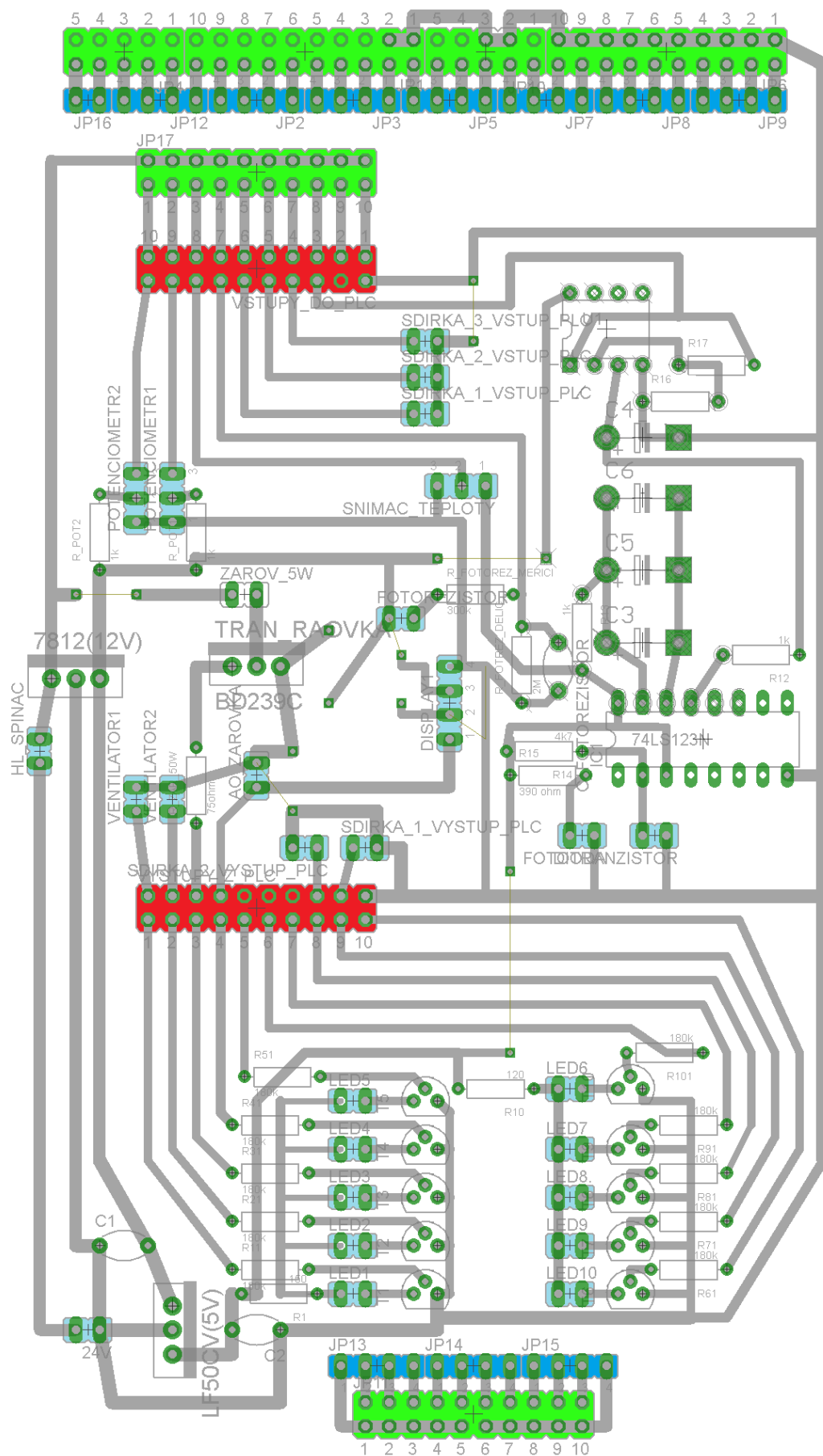
Obr. 13 – DC/DC měnič Mean Well SMA0 1 [MEAN WELL 2015]

3.2 Návrh elektroniky modelu

V této části kapitoly je popsán návrh, výroba a hlavní parametry desek plošného spoje. DPS slouží pro napěťové přizpůsobení a propojení prvků modelu s PLC.

Pro tvorbu osazovacího a zapojovacího schématu byl vybrán software EAGLE 6.5. Důvodem je jeho rozšíření mezi odbornou veřejností a skutečnost, že je k dispozici volně šiřitelná verze programu určená pro nekomerční využití. Dalšími důvody jsou dostupnost knihoven obsahující většinu používaných součástek a možnost vytvářet vlastní prvky a doplnění knihoven. [JURÁNEK, HRABOVSKÝ 2007]

Hotový návrh DPS lze vidět na obr. 14. Na obrázku jsou pro lepší orientaci barevně zvýrazněny jednotlivé konektory: červený – konektory připojené k PLC, zelená – konektory připojené k jednotlivým prvkům modelu, modré – připojení zelených konektorů k výstupům z řídicích obvodů.



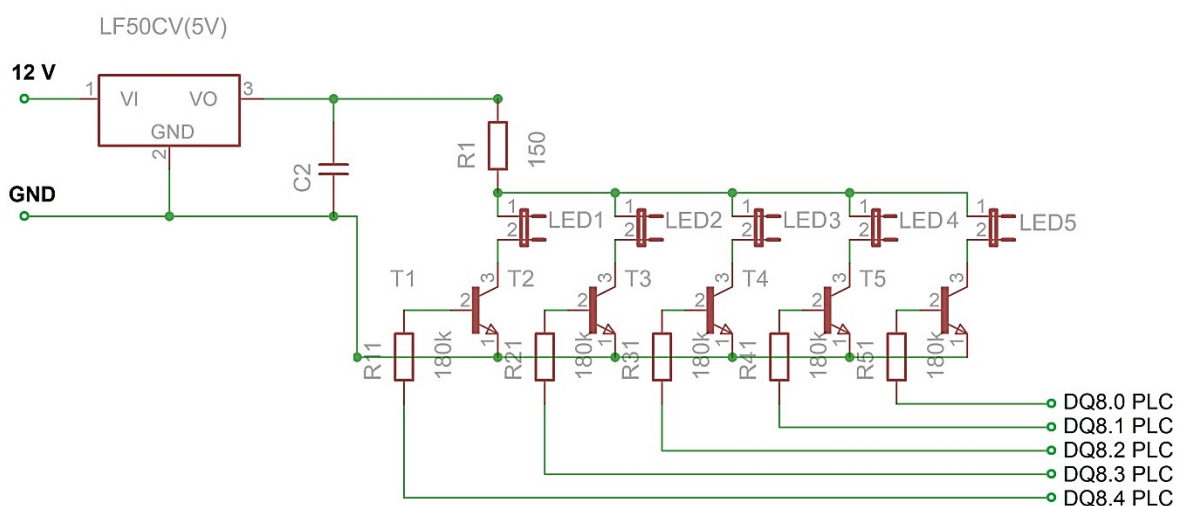
Obr. 14 – Návrh DPS [vlastní zpracování]

Napětové přizpůsobení

Celá DPS výukového modelu je napájena pomocí adapterů s napětím 24 V. Toto napětí se přivádí k tlačítkům a spínačům, které demonstrují logické vstupy do PLC. Napájecí napětí je pomocí měniče a stabilizátoru snižováno na požadované hodnoty pro napájení jednotlivých prvků. Pro napájení žárovky, která je součástí zpětnovazební úlohy, potenciometrů demonstrujících analogové vstupy do PLC, fotoodporu používaného pro měření intenzity světla a operačních zesilovačů, použitých v průtokoměru, je napětí nutné snížit na hodnotu 12 V. Tato redukce je realizována pomocí DC/DC měniče Traco Power TSRN-1. Ventilátory jsou napájeny pomocí vlastního DC/DC měniče Mean Well SD-15, který má větší maximální proudový odběr. Svůj měnič má také panelový voltmetr. Stabilizátor LF50CV upravuje napětí na úroveň 5 V. Tímto napětím jsou napájeny nejen panelové kontrolky, simulující digitální výstupy z PLC, ale také integrované obvody jako klopný obvod použitý u průtokoměru a snímač teploty.

Logické úlohy

Stabilizátorem snížené napětí na 5 V napájí panelové kontrolky, které zobrazují digitální výstupy z PLC. Napětí je připojeno do série s rezistorem o hodnotě 150 Ω . Obvod je spínán PNP tranzistorem, který je ovládán proudovým signálem z PLC. Ideálního proudu je dosaženo rezistorem o hodnotě 180 k Ω . Schéma zapojení signalizačních kontrolky je zobrazen na obr. 15. Vstupní signály do PLC jsou demonstrovány spínači a tlačítky, které přivádí napájecí napětí o hodnotě 24 V do digitálních vstupů PLC.



Obr. 15 – Zapojení signalizačních kontrolky [vlastní zpracování]

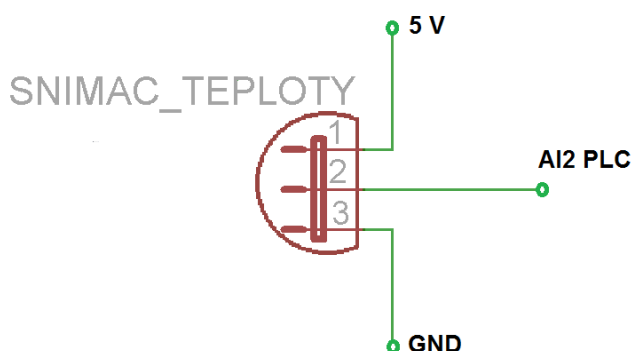
Analogové úlohy

Spojité signály přicházející do modelu jsou zobrazovány pomocí digitálního displeje a LED žárovky. Tyto prvky jsou v paralelním zapojení. Důvodem je omezený počet

výstupních analogových portů v PLC. Napájení digitálního voltmetru bylo nutno transformovat přes DC/DC měnič Mean Well SMA0 1. Důvodem byla skutečnost, že výrobce voltmetru udává nutnost galvanického oddělení měřících a napájecích svorek. Analogové výstupy z modelu jsou realizovány dvěma potenciometry. Odpor potenciometrů je 5 k Ω . Potenciometr je zapojen v sérii s rezistorem o hodnotě 1k Ω a připojen na 12 V. Díky tomu je výstupní napětí v rozsahu 50 mV až 9,95 V. Tento rozsah je zvolen s ohledem na rozsah analogových vstupů PLC, který je -10 V až +10 V.

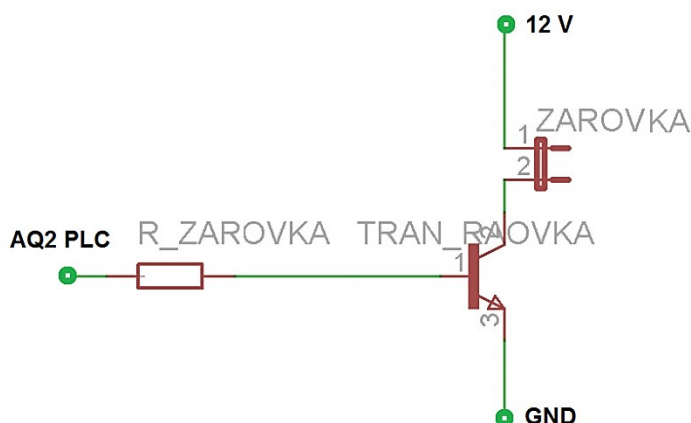
Úlohy zpětnovazebního řízení

Snímač teploty, jehož schéma lze vidět na obr. 16, je napájen usměrněnými 5 V a jeho výstup je přiveden na analogový vstup do PLC.



Obr. 16 – Schéma zapojení snímače teploty [vlastní zpracování]

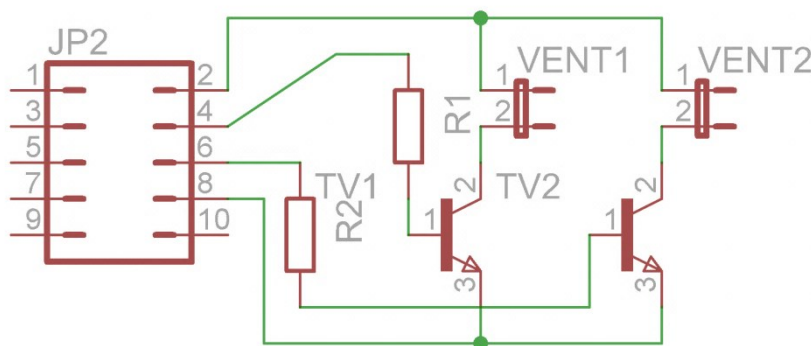
Žárovka, která je součástí regulační úlohy, je ovládaná z analogového výstupu PLC pomocí NPN tranzistoru. Proud tekoucí do báze je nastaven pomocí rezistoru o hodnotě 1 k Ω . Hodnota proudu I_b dosahuje 0,010416 A. Schéma zapojení žárovky lze vidět na obr. 17.



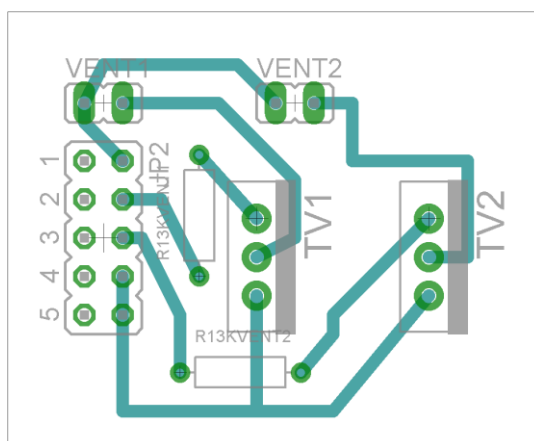
Obr. 17 – Schéma zapojení žárovky v potrubí [vlastní zpracování]

Ventilátory jsou ovládány výstupním signálem z PLC. Tento signál je přiveden do báze NPN tranzistoru. Díky tomu, je možné ovládat proud protékající kolektorem a tedy

ventilátorem. Ventilátory jsou napájeny speciálním měničem Mean Well SD-15, který stabilizuje napětí na 12 V a maximální odebíraný proud je 1,25 A. Tato elektronika přizpůsobující signál pro ventilátory, je umístěna na speciálně vyrobené DPS. Její návrh lze vidět na obr. 18 a obr. 19.

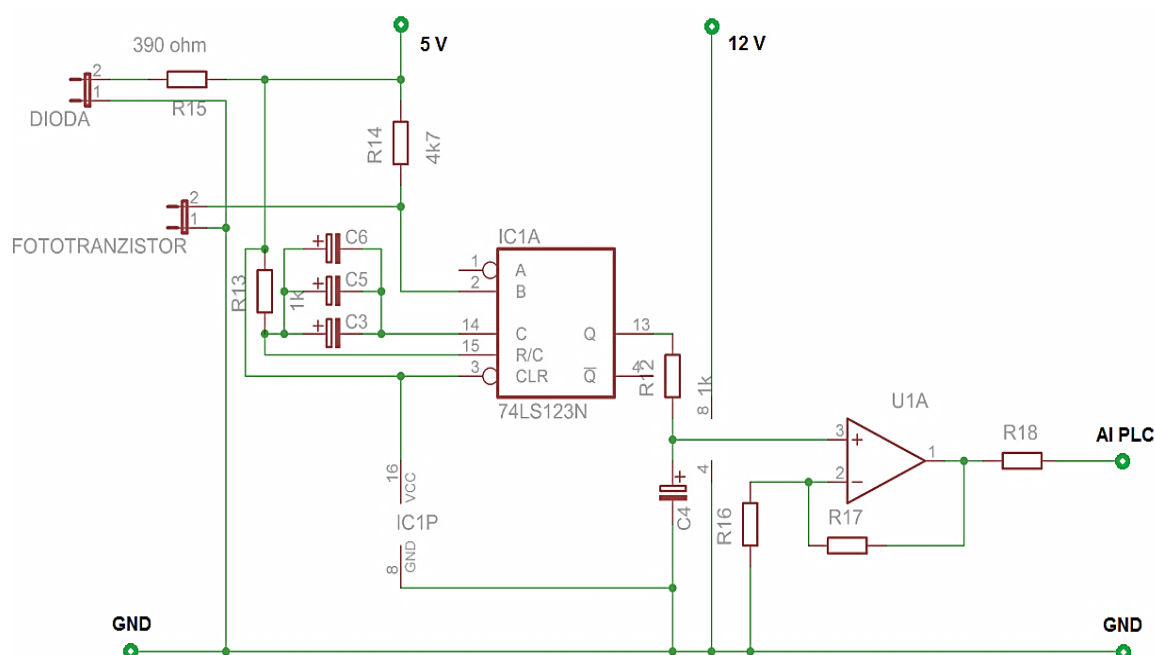


Obr. 18 – Schéma modulu pro ventilátory [vlastní zpracování]



Obr. 19 – Návrh DPS modulu pro ventilátory [vlastní zpracování]

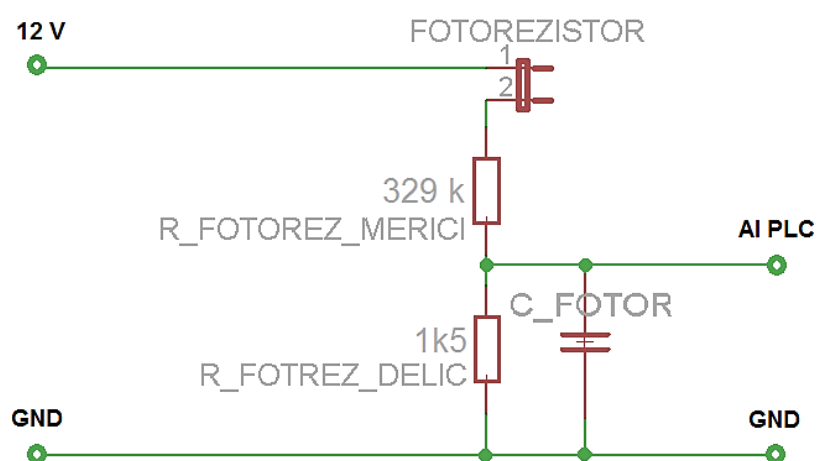
Základem průtokoměru je světelná závora, která snímá otáčení snímacího ventilátoru na konci potrubí. Při otevření fototranzistoru světelné závory se na vstupu do monostabilního klopného obvodu vytvoří puls. Klopný obvod je zde pro zajištění konstantní délky pulsů. Toho bylo dosaženo experimentálně zvolenou hodnotou kapacit C3, C5 a C6 (viz. obr. 20) v zapojení klopného obvodu. Výstupní pulsy jsou pomocí kapacity filtrovány na konstantní napětí. Výsledné výstupní napětí je úměrné množství pulsů za čas. Pro úpravu rozsahu výstupního napětí, je za kondenzátorem operační zesilovač v neinvertujícím zapojení.



Obr. 20 – Schéma vnitřního zapojení průtokoměru [vlastní zpracování]

Světelná závora byla pořízena jako hotový výrobek z důvodu úspory času potřebného na její výrobu. Model nese označení TCST1103.

Jak lze vidět na obr. 21, fotorezistor je zapojen do napěťového děliče s rezistorem o hodnotě 1,5 k Ω a odporem o hodnotě 329 Ω . Díky tomu je napětí vstupující do PLC v rozmezí 3,3 V až 9,95 V.



Obr. 21 – Schéma zapojení fotorezistoru [vlastní zpracování]

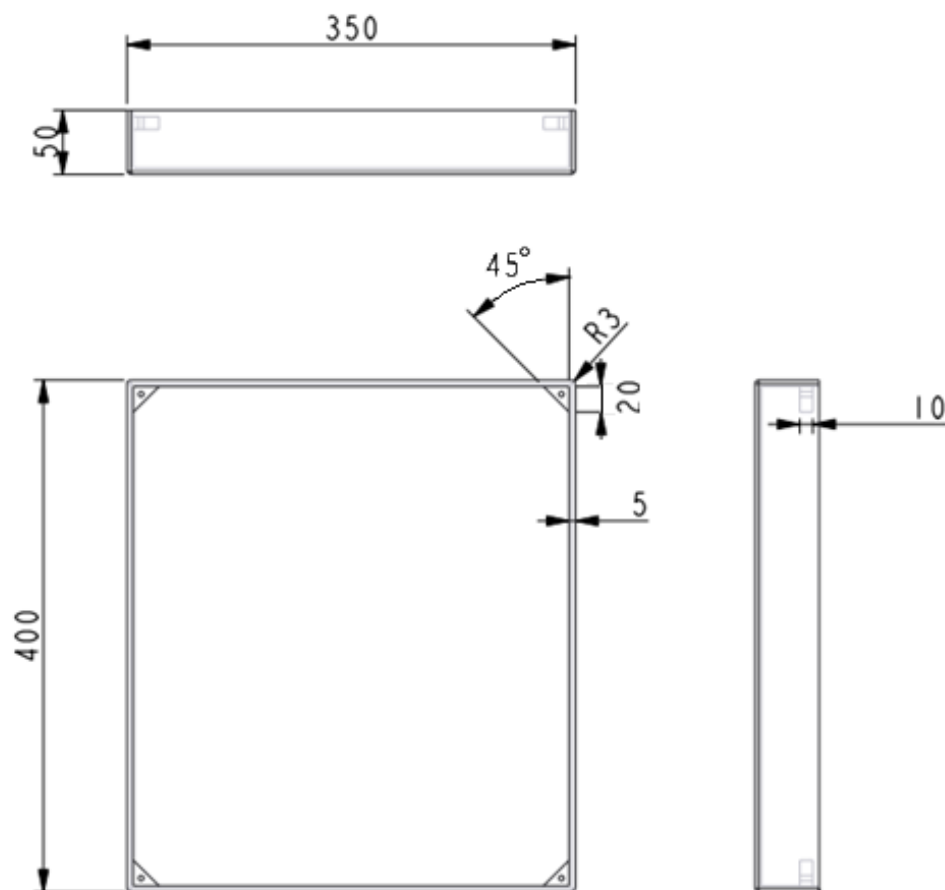
4 Realizace modelu

Prvním bodem realizace bylo ověření principu měření otáček na výstupu z potrubí. V původním návrhu byla použita jako světelná závora zvlášť dioda a zvlášť fototranzistor. Na konec však byla zvolena varianta celistvé sériově vyráběné optické závory. Obvod byl testován pomocí nepájivého pole, které umožňuje rychlé a jednoduché změny zapojení. Díky tomu bylo možné experimentální určení kapacit C3, C5 a C6 (viz. obr. 20). Určení ideální kapacity této součástky bylo důležité, protože ovlivňuje šířku pulsu klopného obvodu. Sestavený průtokoměr lze vidět na obr. 22.



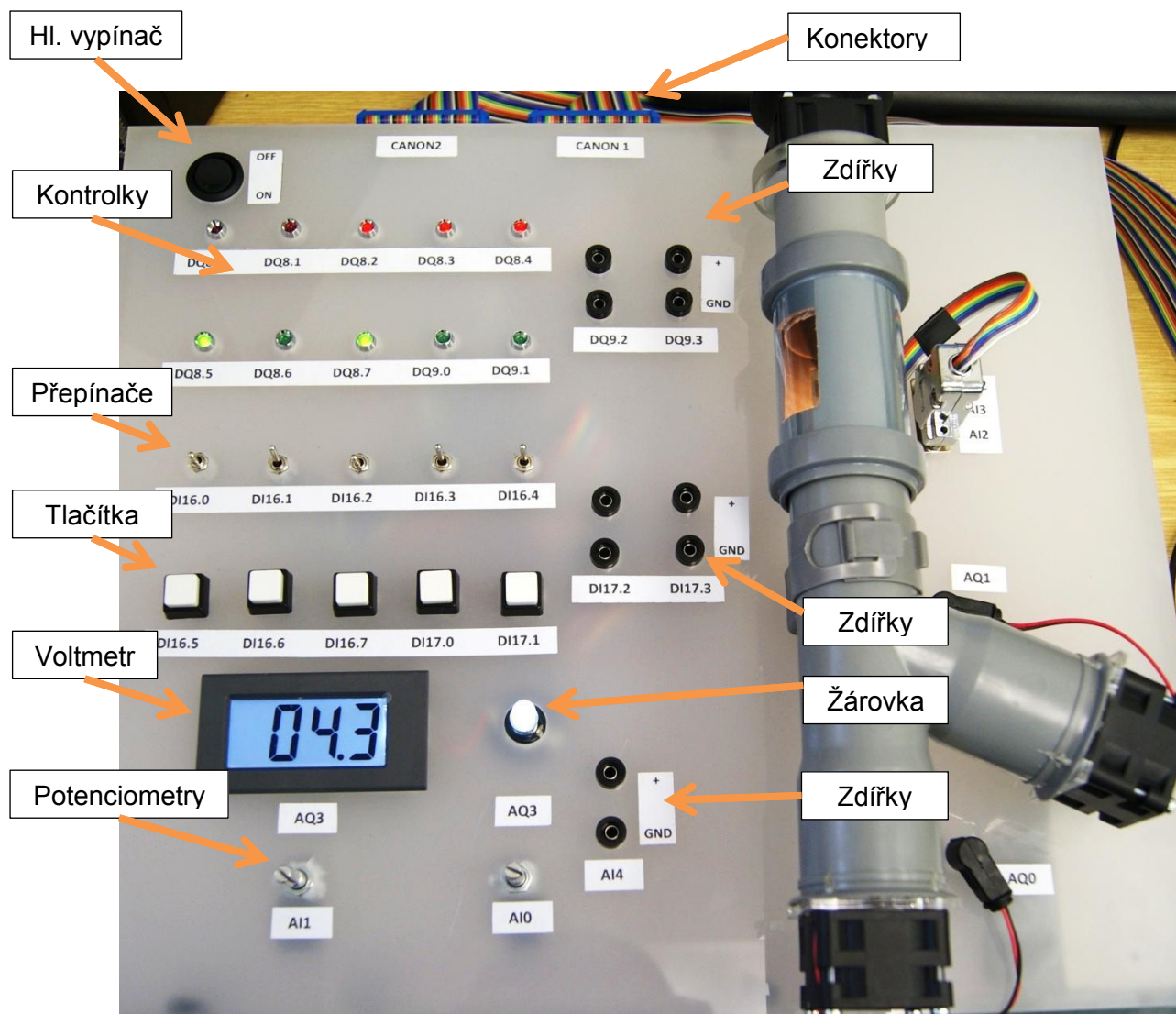
Obr. 22 – Sestavený průtokoměr

Druhým bodem realizace bylo vytvoření konstrukce modelu, která je vyrobena z opalovaného plexiskla a šířce 5 mm. Rozměry boxu lze vidět na obr. 23.



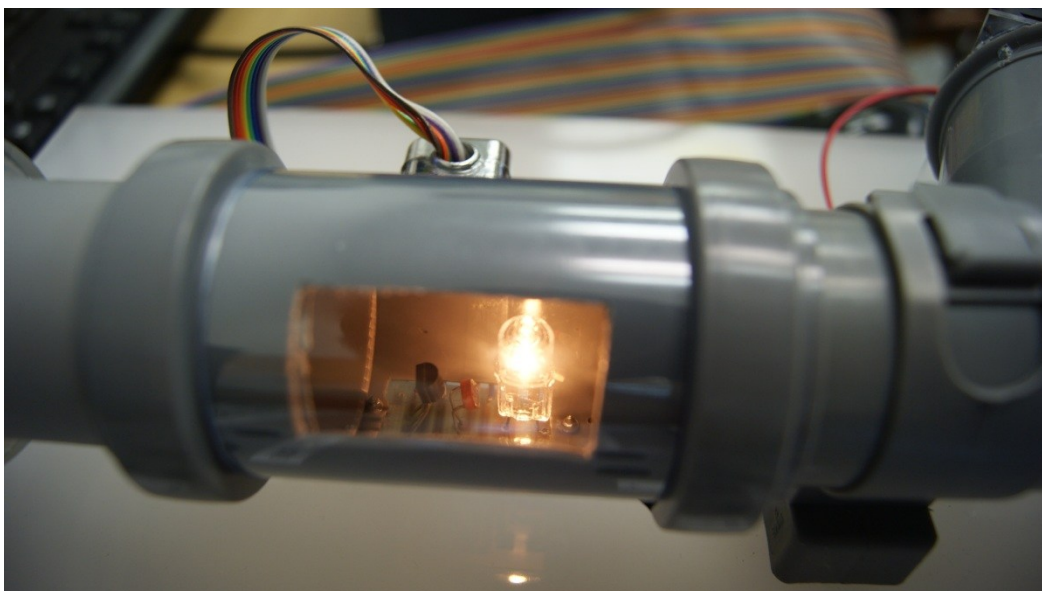
Obr. 23 – Rozměry modelu [vlastní zpracování]

Přední strana modelu byla osazena dle návrhu. Prvky byly zasazeny do vytvořených otvorů a zapojeny kabeláží k elektronice modelu. Na obr. 24 lze vidět osazený model.



Obr. 24 – Osazený model

V průběhu realizace modelu došlo na řadu změn v konstrukci. Ukázalo se, že nejpraktičtější bude zapojit prvky na vzduchovém potrubí do panelu pomocí konektorů. Pro ventilátory jsou tak použity konektory Jack 3.5 mono a pro blok potrubí obsahující snímače a žárovku je to devíti pinový konektor CANON 3. Díky tomu je možné kdykoli potrubí od panelu odpojit a vyjmout. Významy jednotlivých pinů konektoru CANON 3 lze vidět v tabulce (tabulka 2). Detail prvků umístěných v potrubí lze vidět na obr. 25.

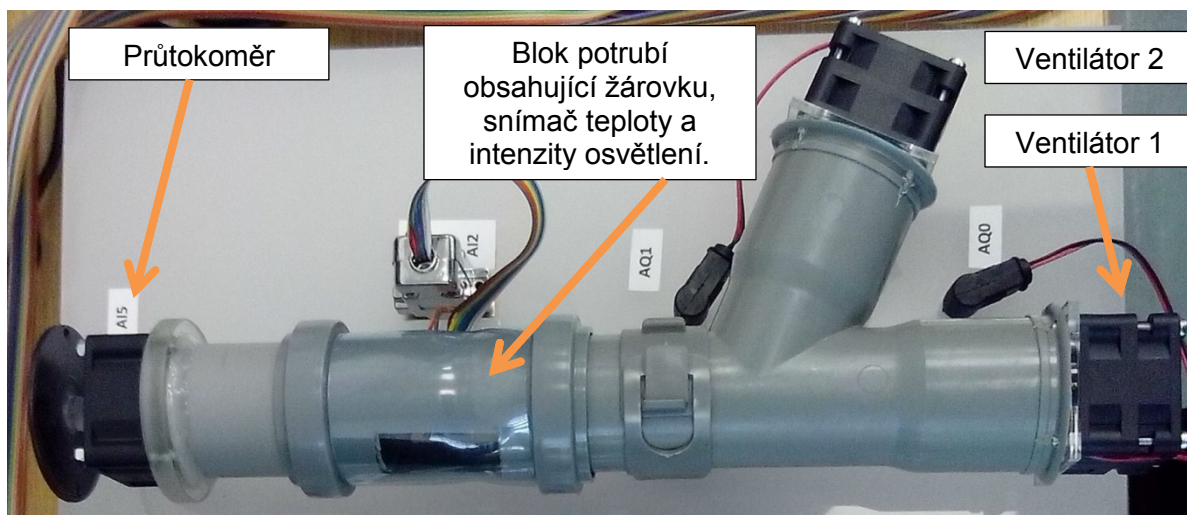


Obr. 25 – Detail prvků umístěných v potrubí

Tabulka 2 – Osazení CANON 3

Číslo pinu	Význam
1	-----
2	-----
3	Snímač t. (signál)
4	Snímač t. (napájení)
5	GND
6	Žárovka
7	Žárovka
8	Fotorezistor
9	Fotorezistor

Samotné potrubí je složeno ze tří částí, které lze odpojit a případně vyměnit za náhradní kus. Hotové a sestavené potrubí lze vidět na obr. 26. První část (vlevo) obsahuje ventilátor, na kterém je připevněna clona světelné závory umožňující měření otáček. Uprostřed se nachází blok obsahující prvky pro úlohy řízení teploty a svítivosti. To znamená, že zde jsou umístěny žárovka, snímač teploty a snímač svítivosti. V tomto bloku je otvor, který umožňuje pohled na tyto prvky. Poslední část (vpravo) má tvar písmene Y. Tento blok potrubí obsahuje dva ventilátory, které vhánějí vzduch do potrubí. Všechny ventilátory jsou k potrubí připevněny pomocí šroubů.

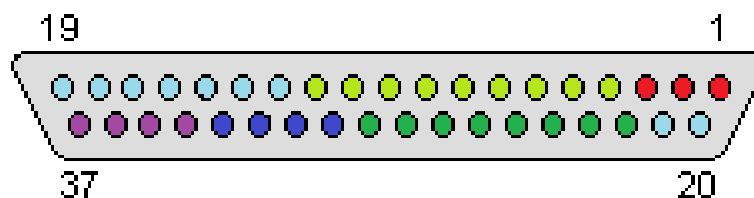


Obr. 26 – Sestavené potrubí [vlastní zpracování]

Model je k PLC automatu připojen pomocí dvou třiceti sedmi pinových konektorů CANON. Významy jejich pinů lze vidět v tabulkách (tabulka 3 a tabulka 4).

Tabulka 3 – Významy pinů konektoru CANON 1

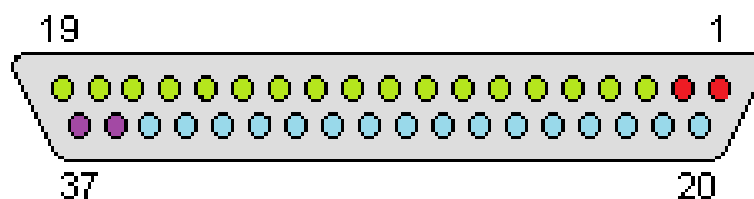
Číslo pinu	Význam model	Význam PLC	Číslo pinu	Význam model	Význam PLC
1	-----	+24V	20	LED 8	DQ8(DQ8.7)
2	-----	+24V	21	LED9	DQ11(DQ9.0)
3	-----	+24V	22	Potenciometr 2	AI3(AI0)
4	Tlačítko 1	DI1(DI16.0)	23	Potenciometr 1	AI7(AI1)
5	Tlačítko 2	DI2(DI16.1)	24	Snímač teploty	AI11(AI2)
6	Tlačítko 3	DI3(DI16.2)	25	Fotorezistor	AI15(AI3)
7	Tlačítko 4	DI4(DI16.3)	26	Zdířka 1(AI)	AI23(AI4)
8	Tlačítko 5	DI5(DI16.4)	27	Průtokoměr	AI27(AI5)
9	Spínač 1	DI6(DI16.5)	28	-----	AI31(AI6)
10	Spínač 2	DI7(DI16.6)	29	-----	AI35(AI7)
11	Spínač 3	DI8(DI16.7)	30	Ventilátor 1	AQ1(AQ0)
12	Spínač 4	DI11(DI17.0)	31	Ventilátor 2	AQ5(AQ1)
13	LED 1	DQ1(DQ8.0)	32	Žárovka (potr.)	AQ9(AQ2)
14	LED 2	DQ2(DQ8.1)	33	Voltmetr/žárovka	AQ13(AQ3)
15	LED 3	DQ3(DQ8.2)	34	Modrá	GND
16	LED 4	DQ4(DQ8.3)	35	Žlutá	GND
17	LED 5	DQ5(DQ8.4)	36	-----	GND
18	LED 6	DQ6(DQ8.5)	37	-----	GND
19	LED 7	DQ7(DQ8.6)	-----	-----	-----



Obr. 27 – Osazení konektoru pro připojení PLC (CANON 1) [vlastní zpracování]

Tabulka 4 – Významy pinů konektoru CANON 2

Číslo pinu	Význam model	Význam PLC	Číslo pinu	Význam model	Význam PLC
1	-----	+24V	20	LED 10	DQ12(DQ9.1)
2	-----	+24V	21	Zdířka 1	DQ13(DQ9.2)
3	Spínač 5	DI	22	Zdířka 2	DQ14(DQ9.3)
4	Zdířka 3	DI	23	-----	DQ
5	Zdířka 4	DI	24	-----	DQ
6	-----	DI	25	-----	DQ
7	-----	DI	26	-----	DQ
8	-----	DI	27	-----	DQ
9	-----	DI	28	-----	DQ
10	-----	DI	29	-----	DQ
11	-----	DI	30	-----	DQ
12	-----	DI	31	-----	DQ
13	-----	DI	32	-----	DQ
14	-----	DI	33	-----	DQ
15	-----	DI	34	-----	DQ
16	-----	DI	35	-----	DQ
17	-----	DI	36	-----	GND
18	-----	DI	37	-----	GND
19	-----	DI	-----	-----	-----



Obr. 28 – Osazení konektoru pro připojení PLC (CANON 2) [vlastní zpracování]

4.1 Vývoj převodního modulu

Součástí výroby modelu bylo nutno vytvořit také modul, který převádí jednotlivé piny vyvedené z PLC na třiceti sedmi pinové konektory CANON. Tento modul je prototypem pro moduly, které budou použity pro každé PLC v učebně H310 katedry 352. Díky tomu bude student schopen jednoduše připojit k PLC jakýkoli přístroj či modul.

Význam jednotlivých pinů lze vidět v již zmiňovaných tabulkách (tabulka 3 a tabulka 4). Hotový modul lze vidět na obr. 29.



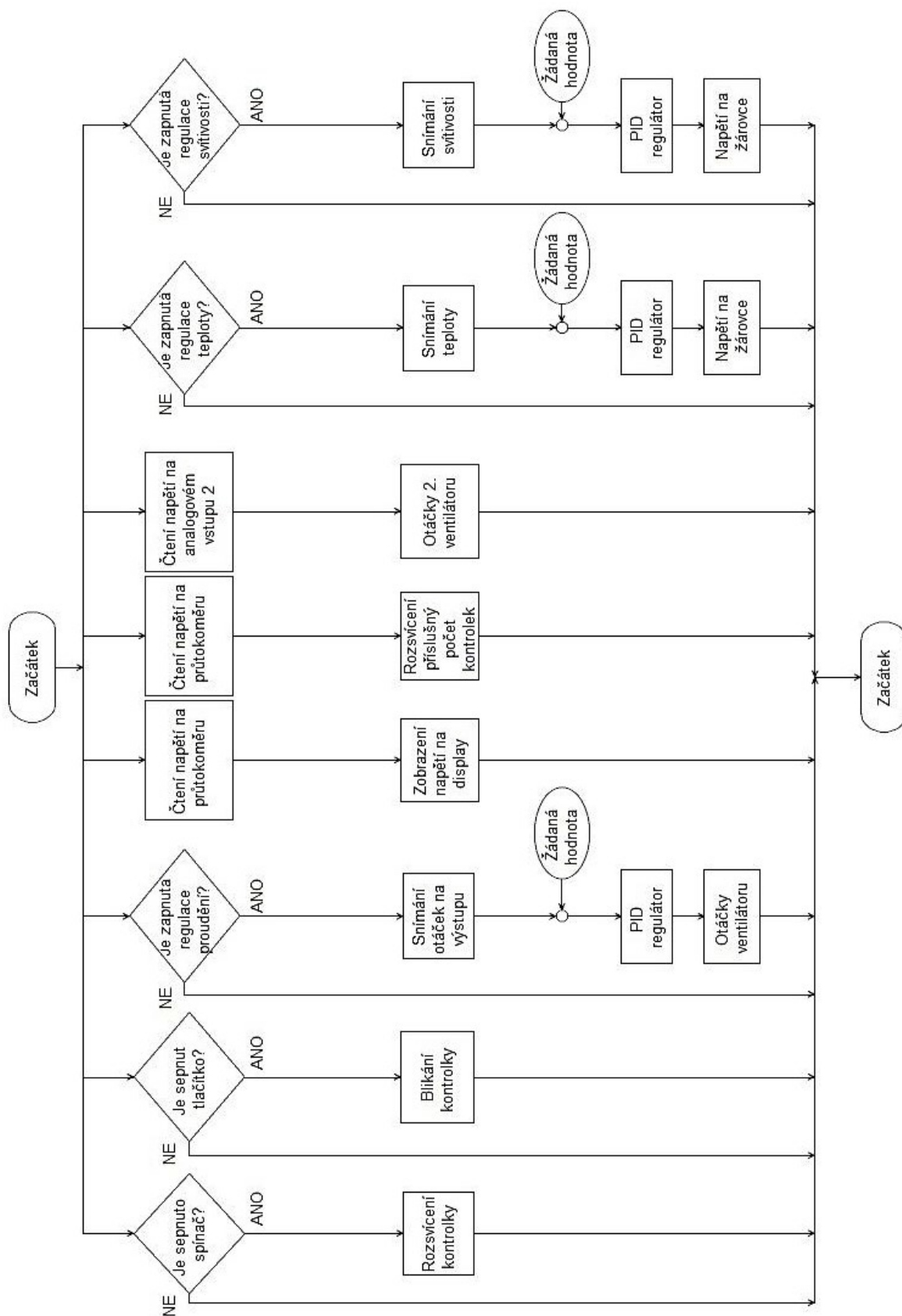
Obr. 29 – Převodní modul [vlastní zpracování]

5 Návrh funkčního programu pro ověření periférií PLC automatu

V následující kapitole je popsán návrh funkcí a struktury programu, který slouží pro ověření funkčnosti periférií modelu. Vývojový diagram, popisující navrhovaný program je zobrazen na obr. 30.

První částí programu je jednoduché zapnutí digitálního výstupu na základě diskrétního signálu na vstupu. Dále má program za úkol blikání některé kontrolky na základě stisknutí tlačítka. Program pracující s analogovými signály převádí spojitý napěťový signál, generovaný snímačem průtoku vzduchu do PLC. Zde je signál ukládán a zapisován na výstupní port panelového voltmetru. Stejný princip je uplatněn při přímém ovládání ventilátoru 2 (viz. obr. 5).

Regulační úlohu průtoku vzduchu je nutno zapnout pomocí spínače. Zapnutí je signalizováno kontrolkou. Pomocí průtokoměru jsou snímány otáčky na průtokoměru a pomocí elektroniky převáděny na napěťový signál. Tento signál putuje na analogové vstupy PLC, kde vstupuje do regulátoru, jako zpětná vazba. Žádaná hodnota je nastavována pomocí potenciometru. Regulátor údaje vyhodnotí a působí akční veličinou na ventilátor 1, který vhání vzduch do potrubí. Regulace teploty funguje podobně. Akční veličinou je proud, protékající žárovkou. Zpětnou vazbou je signál z teplotního snímače umístěného v potrubí. Regulace svítivosti je opět podobná. Zpětnou vazbou je signál z napěťového děliče se zapojeným fotoodporem a akční veličinou je proud protékající žárovkou. Obě úlohy (regulace teploty a svítivosti) je také nutno zapnout, což je signalizováno rozsvícením příslušné kontrolky. Podle velikosti průtoku vzduchu v potrubí jsou rozsvíceny tři určené kontrolky. Při maximálních otáčkách svítí všechny a při nízkých žádná.



Obr. 30 – Vývojový diagram návrhu programu [vlastní zpracování]

6 Realizace programu

Program je vytvářen v prostředí TIA portál. Toto prostředí zahrnuje kdysi oddělené nástroje pro programování PLC Simatic Step 7 a pro tvorbu vizualizací WinCC. Jako programovací jazyk byl po uvážení zvolen Ladder Diagram. Tato volba byla učiněna z důvodu rozšířenosti tohoto jazyka v praxi a jeho názornosti a přehlednosti.

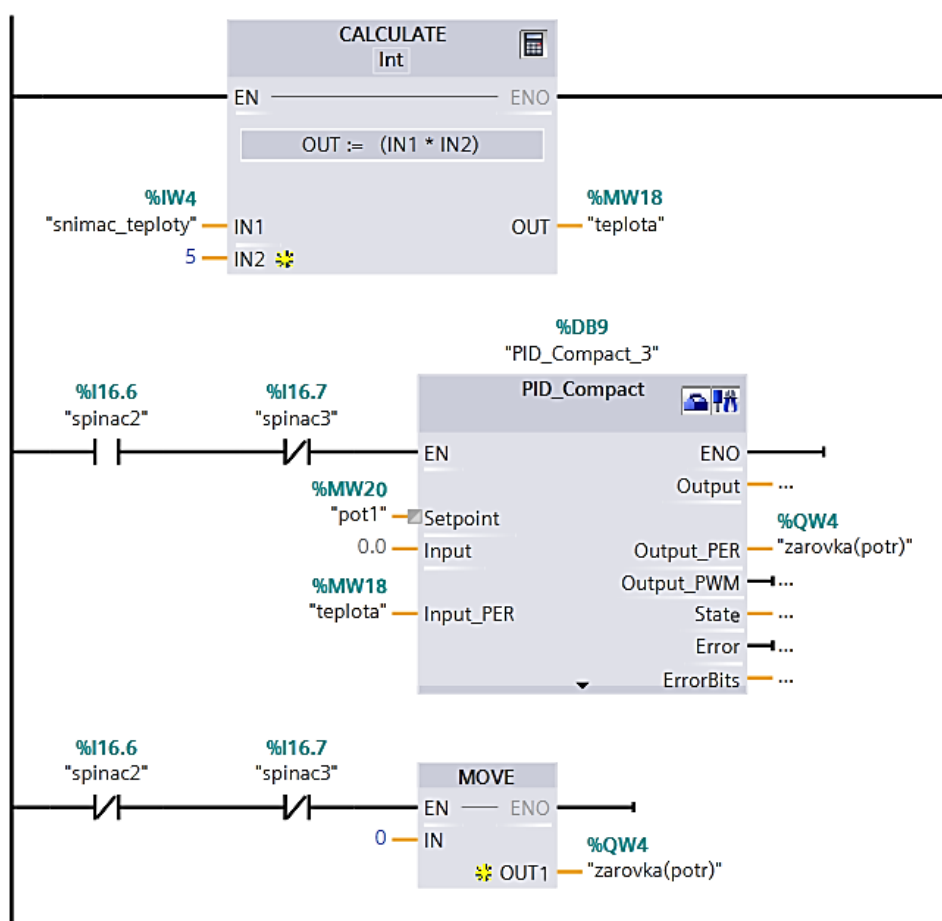
Stiskem tlačítka DI16.6 (viz. obr. 5) je rozsvícena kontrolka DQ8.1. Toto je realizováno pomocí jednoduchého *NC kontaktu*. Při stisknutí tlačítka DI16.5 realizujícího digitální vstup do PLC, je zapnuto blikání kontrolky DQ8.0. Pro blikání je použita smyčka, tvořená z časovačů *TON* a *TOF*. Tlačítkům DI16.7 až DI17.1 není přiřazená žádná funkce.

Regulační úlohu průtoku vzduchu je nutno zapnout pomocí spínače DI16.0. To je realizováno vložením této proměnné jako *NO kontakt* na *ENABLE* vstup regulátoru. Zároveň je zapnuta kontrolka DQ8.5, která signalizuje zapnutí regulační úlohy. Tato proměnná tlačítka DI16.0 také nuluje akční veličinu při vypnutí regulace. To je provedeno tak, že při změně tlačítka do logické hodnoty 0, je pomocí bloku *MOVE*, zapsána na výstupní proměnnou 0. Pomocí bloku *PID Compact* byl vytvořen regulátor, který má za úkol regulaci průtoku vzduchu. Hodnoty proporcionální, integrační a derivační složky byly zvoleny experimentálně. Vzorkovací doba regulátoru byla nastavena na 0,005 s.

Žádaná hodnota je ovládána pomocí potenciometru 1 (AI1). Hodnota napětí generované potenciometrem je v datovém typu *Int* přiváděno do bloku *CALCULATE*. Zde je hodnota vydělena čísle 271. Výsledný signál vycházející z tohoto bloku je tedy v rozmezí 0 až 100. Důvodem přepočtu je fakt, že do bloku *PID Compact* je nutné přivádět žádanou hodnotu procentuálně. Tento signál je tedy použit jako žádaná hodnota u všech regulačních úloh.

Přepínač DI16.1 spouští regulaci teploty a zároveň kontrolku DQ8.6. Přepínač DI16.2 spouští úlohu regulace intenzity svitu žárovky. Opět je při spuštění aktivována kontrolka DQ8.7. Tyto regulační úlohy fungují podobně jako regulace průtoku vzduchu. Signál z teplotního čidla, který slouží jako zpětná vazba je v rozsahu 0,1 až 1,8 V. Tento signál je tak nutné zesílit. To je provedeno pomocí bloku *CALCULATE*. Tento blok umožňuje základní matematické operace. Signál je tedy vynásoben pěti a přiveden na pin *INPUT_PER* regulátoru. Další zvláštností u regulace teploty je nutnost zabránění toho, aby nebyla zpuštěna úloha regulace teploty a zároveň svítivosti žárovky. K tomu slouží *NC kontakt* přivedený na *ENABLE* vstup regulátoru. Pro zajištění toho, aby při vypnutí regulace svítivosti či teploty nezůstávala rozsvícena žárovka, je použit blok *MOVE*, který

při vypnutí obou těchto úloh zapisuje na výstup patřící žárovce hodnotu 0. Příklad použitých bloků pro regulaci teploty lze vidět na obr. 31.



Obr. 31 – Bloky využité pro regulaci teploty [vlastní zpracování]

Při sepnutí spínačů DI16.3 a DI16.4 je pouze rozsvícena příslušná kontrolka DQ9.0 a DQ9.1.

Další část programu má za úkol čtení analogového signálu na vstupu a zapisování na analogový výstup pomocí bloku *MOVE*. Tato část programu je použita pro přímé ovládání otáček druhého ventilátoru (AQ1) a zobrazení velikosti napětí generovaného průtokoměrem na voltmetru (AQ3). Toto napětí, generované průtokoměrem, je v další části programu porovnáváno pomocí třech komparátorů. Podle velikosti generovaného napětí jsou pak rozsvíceny kontrolky DQ8.2 až DQ8.4.

7 Možnosti využití modelu ve výuce

Vyvinutý laboratorní model je určen pro výuku programování PLC automatů a práci s analogovými a diskrétními signály. Model je vybaven vysokou škálou elektronických prvků, které simulují běžné snímače a akční členy, které se vyskytují v praxi. Díky tomu je možné vytvářet programy a ověřovat jejich funkčnost, stejně jako programy využívané na reálných automatizovaných linkách a pracovištích.

Student si na modelu vzduchového potrubí, může ověřit své znalosti s identifikací systémů, syntézou regulačních obvodů a jejich praktické realizaci v prostředí PLC. Díky možnosti zobrazení jakéhokoli signálu na panelovém voltmetru je možné měření statických charakteristik průtoku vzduchu v potrubí, napětí snímače teploty a snímače svítivosti. Dále tak lze sledovat hodnotu regulované veličiny v reálném čase. Pomocí otvoru v potrubí je možné fyzicky sledovat rozsvícení a zhasínání žárovky.

Model umožňuje práci s logickými signály a použití prvků jako jsou čítače a časovače. Dále umožňuje zpracovávat analogové signály s použitím prvků jako komparátory, regulátory, prvky pro čtení a zápis signálů nebo ukládání do paměti.

Díky elektronickým obvodům, přizpůsobující napěťové úrovně, je možné PLC jednoduše připojit k modelu. Toto zapojení je provedeno pomocí dvou 37pinových konektorů CANON. Model je malý a přenosný, tudíž je možné jeho použití kdekoli, kde se nachází PLC.

7.1 Laboratorní úlohy

V následující kapitole jsou popsány možnosti úloh, které mohou studenti na modelu realizovat.

- A. Vzorkujte spojitý signál na vstupu AI0, generovaný potenciometrem a jeho hodnotu pomocí bloku *CALCULATE* násobte hodnotou 1,5. Výsledný signál poté zapisujte na analogový výstup, na kterém je připojen voltmetr.
- B. Pomocí bloku *PID COMPACT* regulujte průtok vzduchu v potrubí. Jako regulovanou veličinu nastavte signál z průtokoměru a akční veličinou je ventilátor 1.
- C. Pomocí potenciometru generujte analogový signál. Jeho velikost porovnávejte s deseti komparátory, na kterých je nastavena konstantní hodnota. Tyto hodnoty jsou v rozsahu generovaného signálu rovnoměrně rozděleny.

Výsledný logický signál z komparátoru přiřaďte vždy k jedné z kontrol umístěných na modelu.

- D. Nastavte přepínače DI16.5 až DI17.0 tak, že při jejich aktivaci je nastavena konstantní hodnota napětí na výstup ventilátoru 1 (AQ0). Například použijte blok *MOVE*. Tyto hodnoty volte v rozsahu 6 až 10 V. Generovaný signál z průtokoměru (AI5) zobrazujte na voltmetru (AQ3). Výslednou statickou charakteristiku vykreslete.

8 Zhodnocení a další směr vývoje laboratorního modelu

Jako další vývojový krok tohoto modelu považuji plnohodnotnou identifikaci systémů zpětnovazebního řízení modelu a jejich syntézu. Navíc by byla realizována regulace průtoku vzduchu pomocí obou ventilátorů. Dále upravení elektroniky modelu a přidání přepínače, který by umožňoval napájení modelu přímo z PLC automatu. Tím by odpadla nutnost napájecího adaptéru.

Následujícím krokem vývoje modelu je možné použití dotykového panelu s vizualizací, která by obsahovala ovládání a monitorování programu. Výhodou takovéto vizualizace je možnost zobrazení průběhu jakékoli veličiny. Díky tomu se v průběhu regulace dá sledovat žádaná, regulovaná a akční veličina v reálném čase. Také je možné ukládání dat a zobrazování v historickém trendu. Student tak bude mít větší představu o průběhu regulace. Další možnost vizualizace obsahuje laboratorní úlohy, které studenti využijí v rámci výuky. Student si tak sám vybere z několika úloh naprogramovaných na modelu a aplikace jej provede celým postupem.

Dalším vývojovým stupněm se nabízí možnost použití zdálené HMI vizualizace, která by byla přístupná přes internetový prohlížeč.

Součástí dalšího vývoje je komunikace s jiným PLC pomocí sériové komunikace. Sdílení proměnných a například dálkové ovládání jiného modelu. Tento laboratorní výukový model by tak zaujímal pozici ovládacího pultu a například model pásového dopravníku (firmy Fischer Technik) by zaujímal pozici vzdáleného provozu.

9 Závěr

Cílem bakalářské práce byl návrh a realizace výukového modelu pro PLC automat. Model je určen pro výuku programování a práci s logickými/analogovými signály PLC. Student si díky modelu jednoduše a rychle ověří funkčnost svého programu a může tak dospět ke zdokonalení svých znalostí.

Na čelní straně modelu jsou prvky označeny stejným kódem jako je název pinů na příslušných portech nacházejících se na modulech PLC. Stejně tak je označení vidět u popisů proměnných v programu. Další výhodou je přehledná dokumentace, kde si student dohledá souvislost proměnné s prvkem k němu připojeným a dokonce s pinem, na kterém se signál vyskytuje (na modelu i PLC). Tyto skutečnosti slouží ke zvýšení přehlednosti výukového modelu a zjednodušení orientace v celé úloze.

Konstrukce modulu byla vyrobena z matného plexiskla. Na čelní straně se nachází vizualizační a ovládací prvky, jako jsou kontrolky, tlačítka, přepínače, potenciometry, display a potrubí určené pro regulační úlohy. Díky zakomponování přístrojových zdířek, je možné připojení dalších přístrojů, či prvků a tak vytvořit další úlohy sloužící k výuce. Potrubní model je navržen tak, aby byla možná realizace více regulačních úloh. Součástí vytvořeného programu je regulace průtoku vzduchu potrubím, teploty a svítivosti žárovky. Tyto úlohy je však možné kombinovat a vytvářet tak mnoho kombinací programu. Potrubí je složeno ze tří kusů, které lze jednoduše od panelu odpojit a jakoukoli část vyměnit. Elektronické prvky upevněné na potrubí jsou k modelu připojeny pomocí konektorů.

Pomocí integrovaného panelového voltmetru, je možné zobrazení jakéhokoli signálu na displeji. Tato funkce je dobře využitelná v úlohách zpětnovazebního řízení, kdy je možné zobrazení aktuální hodnoty regulované veličiny či akční veličiny. Další možností využití voltmetru je pro měření statických charakteristik. Prvky jsou pomocí vodičů zapojeny do DPS, která obsahuje veškerou elektroniku a je připojena k PLC a napájení. DPS byla navržena v programu Eagle. Při tvorbě DPS bylo nutné zařídit snížení napájecího napětí na potřebné úrovně pro napájení různých subsystémů. Model je napájen pomocí adaptéru napětím 24 V. Toto napětí je redukováno na 12 V pomocí DC/DC měniče a pomocí stabilizátoru na 5 V. DPS je vyrobena tak, aby pro její vyjmutí z modelu stačilo pouze odpojení několika konektorů. Díky tomu je možná jednoduchá oprava nebo výměna obvodu. Tato výhoda byla uplatňována především v době výroby a oživování modelu, kdy je potřeba elektroniku často demontovat. Konektory modelu a DPS jsou z důvodu přehlednosti očíslovány. Součástí vývoje modelu byla také výroba modulu, který slouží jako redukce mezi vodiči vyvedenými z modulů PLC a modelem.

Díky tomu je možné model jednoduše připojit k automatu pomocí dvou kabelů. Tento model je navrhnut univerzálně a je předpoklad jeho používání u všech PLC v učebně.

Součástí bakalářské práce byly navrženy čtyři laboratorní úlohy, které je možné na modelu realizovat a využít ve výuce. Dále byl popsán případný nadcházející postup při vývoji modelu. Tento vývoj by zahrnoval použití dotykového panelu pro vizualizaci, úplnou syntézu zpětnovazebních úloh, rozšíření modelu o komunikaci s jinými zařízeními a HMI vizualizací přístupnou přes internetový prohlížeč.

10 Seznam použité literatury

ANALOG DEVICES. *Technický popis nízkonapěťového snímače teploty* [online]. © 2014 [cit. 2014-11-29]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/tmp36gt9z-p530-093>.

HMS Industrial Networks. *Popis rozhraní Ethernet* [online]. [cit. 2015-01-14]. Dostupné z: http://www.anybus.com/technologies/profinet_tech.shtml.

JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. *EAGLE pro začátečníky /: uživatelská a referenční příručka*: 2. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 2007, 191 s. ISBN 80-730-0213-2.

MEAN WELL. *SD – 15: DC – DC 15 W Single Output DC – DC Converter* [online]. © 2014 [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.meanwell.com/search/sd-15/sd-15-spec.pdf>.

MEAN WELL. *SMA0 1: DC – DC Unregulated Single Output Converter* [online]. © 2015 [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: http://www.datasheetlib.com/datasheet/466851/sma01n-12_mean-well.html.

SCHMID, Dietmar. *Řízení a regulace pro strojírenství a mechatroniku*. 1. vyd. Překlad Jiří Handlíř. Praha: Europa-Sobotáles, 2005, 420 s. ISBN 80-867-0610-9.

SIEMENS. *Programming with STEP 7 Manual* [online]. © 2010 [cit. 2014-11-30]. Dostupné z: http://www.automation.siemens.com/doconweb/pdf/SINUMERIK_SINAMICS_02_2012_E/S7P.pdf?p=1.

SIEMENS. *SIMATIC STEP 7 Basic V12.0 Systém Manual* [online]. © 2013 [cit. 2014-11-30]. Dostupné z: https://cache.automation.siemens.com/dnl/DA/DAXMjk1NwAA_68113678_HB/STEP_7_Basic_V12_enUS_en-US.pdf.

SIEMENS. *POPIS PLC SIEMENS SIMATIC S7-1500* [online]. © 2014 [cit. 2014-10-07]. Dostupné z: <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&objid=6ES75163AN000AB0&caller=view>.

SIEMENS. *TECHNICKÝ POPIS PROCESOROVÉ JEDNOTKY SIEMENS SIMATIC S7-1516* [online]. © 2014 [cit. 2014-10-07]. Dostupné z: <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&lang=en&objid=6ES75163AN000AB0&caller=view>.

SUNON. *Technický popis stejnosměrného ventilátoru* [online]. © 2014 [cit. 2014-11-30]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/ventilator-sunon-pmd1204pqb1-p625-170>.

ŠMEJKAL, Ladislav a Marie MARTINÁSKOVÁ. *PLC a automatizace*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1999, 223 s. ISBN 80-860-5658-9.

TRACO POWER. *TSRN-1 Series: DC/DC Converters* [online]. © 2015 [cit. 2015-05-04]. Dostupné z: <http://www.farnell.com/datasheets/1763535.pdf>.

VISHAY. *TCST110 up to TCST230* [online]. © 2005 [cit. 2015-04-24]. Dostupné z: <http://www.ges.cz/sheets/t/tcst11xx.pdf>.

WAMPUM. *Technický popis digitálního panelového voltmetru WPB5035-DV 199,9 V* [online]. © 2014 [cit. 2014-11-29]. Dostupné z: už <https://www.gme.cz/img/cache/doc/722/466/digitalni-panelovy-voltmetr-wpb5035-dv-199-9v-cznavod-1.pdf>.

11 Seznam příloh

Příloha A:	TIA Portal – Main OB1
Příloha B:	Eagle – DPS
Příloha C:	Seznam součástek
Příloha D:	Fotografie

Obsah přiloženého CD:

- Soubor Bakalářská práce (pdf)
- Soubor Přílohy (pdf)
- Soubor Seznam použitých součástek (xlsx)
- Soubor Video (avi)
- Soubor Program (XPS)
- Složka Soubory pro výrobu desek plošných spojů
 - Soubor Hlavní DPS (BRD)
 - Soubor Hlavní DPS (SCH)
 - Soubor Ventilátory DPS (BRD)
 - Soubor Ventilátory DPS (SCH)
- Složka Fotografie
 - Soubor Detail průtokoměru (JPEG)
 - Soubor Detail prvků umístěných v potrubí (JPEG)
 - Soubor PLC se zapojenými vodiči (JPEG)
 - Soubor Pohled na celou úlohu (JPEG)
 - Soubor Pohled na model (JPEG)
 - Soubor Pohled na vzduchové potrubí (JPEG)
- Složka Program TIA Portal